

УДК 62-521

EDN EKLJGH

## ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ АВР С АВТОМАТИЧЕСКИМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ, ОСНАЩЕННЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

**С.В. Попов**ORCID: 0009-0004-5274-2783 e-mail: [popovsev3@yandex.ru](mailto:popovsev3@yandex.ru)Волжский государственный университет водного транспорта  
Нижегород, Россия

Рассмотрена работа классической схемы автоматического ввода резерва (АВР), показаны ее недостатки при кратковременных отключениях напряжения на вводах или при значительных провалах напряжения вследствие воздействия на сеть нагрузки большой мощности. Приведена последовательность действий при управлении силовыми аппаратами, оснащенными электроприводами и дополнительными расцепителями. Рассмотрен АВР, собранный на базе автоматических выключателей с электроприводами и блоками задержки времени отключения. Выполнен анализ причин возникновения аварийных ситуаций при выходе из строя отдельных элементов управления автоматическими выключателями с дистанционными электроприводами. Предложен вариант АВР с сетью электрического питания собственных нужд, обладающей повышенной надежностью, для исключения аварийных ситуаций. Описаны схемные решения, проверенные в действии и позволяющие исключить ошибки в управлении системой электроснабжения. Показано, что сеть электрического питания системы управления АВР может быть подключена через источник бесперебойного питания (ИБП), который позволяет повысить качество питания системы управления. Исходя из опыта эксплуатации, описан принцип действия такой системы, и даны рекомендации к использованию системы управления с повышенной надежностью и расширенными функциональными возможностями.

**Ключевые слова:** автоматический ввод резерва, автоматический выключатель с электроприводом, автономная электростанция, дистанционное управление, источник бесперебойного питания, качество электроэнергии, независимый расцепитель, провал напряжения, реле минимального напряжения, система электроснабжения.

**Для цитирования:** Попов С.В. Особенности реализации АВР с автоматическими выключателями, оснащенными электроприводами // Интеллектуальная Электротехника. 2025. № 4. С. 23-31. EDN EKLJGH

## FEATURES OF IMPLEMENTING AVR WITH CIRCUIT BREAKERS EQUIPPED WITH ELECTRIC DRIVES

**S.V. Popov**

ORCID: 0009-0004-5274-2783 e-mail: [popovsev3@yandex.ru](mailto:popovsev3@yandex.ru)

Volga State University of Water Transport

Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** The article examines the operation of the classical automatic reserve input (AVR) circuit and shows its disadvantages in case of short-term voltage outages at the inputs or in case of significant voltage drops due to the impact of a high-power load on the network. The sequence of actions for controlling power devices equipped with electric drives and additional release devices is given. An AVR assembled on the basis of circuit breakers with electric drives and shutdown time delay units is considered. The analysis of the causes of emergency situations in case of failure of individual control elements of circuit breakers with remote electric drive is carried out. An AVR variant with an electric power supply network for its own needs, with increased reliability, is proposed to eliminate emergency situations. Circuit solutions are described that have been tested in action and make it possible to eliminate errors in the management of the power supply system. It is shown that the electrical power supply network of the AVR control system can be connected via an uninterruptible power supply (UPS), which improves the quality of power supply to the control system. The principle of operation of such a system is described and recommendations are given for using a control system with increased reliability and enhanced functionality based on operational experience.

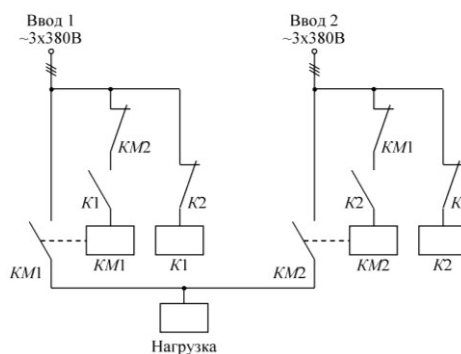
**Keywords:** automatic reserve input, circuit breaker with electric drive, autonomous power plant, remote control, uninterruptible power supply, power quality, independent release, voltage drop, minimum voltage relay, power supply system.

**For citation:** S.V. Popov, "Features of implementing AVR with circuit breakers equipped with electric drives", *Smart Electrical Engineering*, no. 4, pp. 23-31, 2025. EDN EKLJGH

### I. Введение

В последнее время в системах электроснабжения используются шкафы управления с реализованной схемой АВР (автоматический ввод резерва) одностороннего действия, выполненные не по классической схеме с применением контакторов, а с использованием автоматических выключателей, оснащенных электроприводами. Основными преимуществами АВР такого исполнения являются: более компактная конструкция, влияющая на массогабаритные параметры шкафа, меньшее энергопотребление (требуется только для включения и отключения автоматических выключателей), устойчивость к кратковременным (продолжительностью менее 0,5 с) отключениям напряжения на вводах.

АВР одностороннего действия, как правило, применяют для автоматического перехода с одного фидера электропитания на другой в случае отключения на нем напряжения [1-5]. На рис. 1 показана электрическая однолинейная схема силовой части АВР, реализованная на контакторах. Главным недостатком такого АВР является отключение контактора КМ в случае кратковременного отключения или значительного провала напряжения до 40-30 % от номинального значения. В ряде случаев такой перевод является нежелательным. Основными причинами падения напряжения является совпадение моментов включения нагрузки значительной мощности одного предприятия, либо запуск мощной нагрузки от сети с пониженным напряжением вследствие воздействия на нее нагрузкой другого предприятия, получающего электропитание от общего источника. Кратковременные отключения напряжения, чаще всего, наблюдаются в ночной период времени при переключении линий электроснабжения со стороны высокого напряжения, либо в случае аварий или при плановых ремонтных работах.



**Рис. 1. Электрическая однолинейная схема АВР, реализованная на контакторах**

**Fig. 1. Single-line AVR electrical circuit implemented on contactors**

## II. Проблемы и постановка задачи

Исходя из наблюдений за системами электроснабжения предприятий, кратковременные отключения напряжения на питающих фидерах приводят к автоматическим запускам автономных генераторов с последующим переводом нагрузки на генератор, а в случае восстановления напряжения — к выполнению обратной синхронизации с целью перевода нагрузки для питания от сети.

Опыт эксплуатации электрооборудования показывает, что кратковременные провалы напряжения оказывают влияние на работу ряда потре-

бителей электроэнергии, особенно на содержащие в своем составе контакторную аппаратуру и контроллеры, требующие загрузки программы для восстановления работоспособности. Кратковременное отключение гидравлического оборудования приводит к гидроударам в системе гидропроводов, а в некоторых случаях сбой электропитания работающего оборудования может привести их к выходу из строя. Однако потребители, получающие электроэнергию от блоков питания, оснащенных накопителями электроэнергии, остаются в штатном режиме работы при сбое основного питания.

Применение автоматических выключателей с электроприводом в качестве силовых коммутационных аппаратов позволяет реализовать АВР с введенной задержкой времени на отключение (рис. 2) [6, 7, 9, 10]. Отключение автоматического выключателя выполняется посредством срабатывания реле минимального напряжения (РМН)  $K_{\text{и}}$ , воздействующего на механизм расцепления. Блок задержки (БЗ) позволяет поддерживать напряжение на катушке РМН при кратковременном отключении напряжения сети в течение времени до 0,5 с. БЗ реализован на базе выпрямителя и конденсатора большой емкости, поэтому питание РМН выполнено на напряжении постоянного тока. Работа автоматического выключателя с моторным электроприводом (МЭП) и блоком задержки БЗ срабатывания РМН исключает «ложные» отключения.

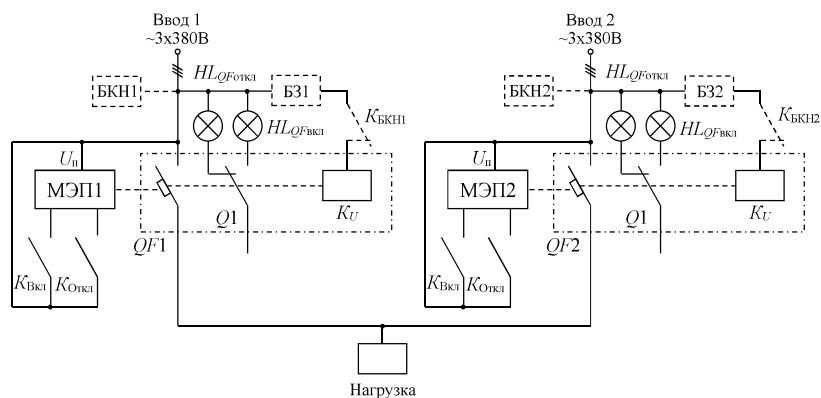


Рис. 2. Электрическая однолинейная схема АВР, реализованная на автоматических выключателях с электроприводами

Fig. 2. Single-line AVR electrical circuit implemented on circuit breakers with electric drives

В случае, когда необходим контроль качества электроэнергии, применяют блок контроля параметров напряжения (БКН) (верхнего и нижнего значения напряжения, обрыв фазы, порядок чередования фаз и др.). При ее

срабатывании нормально-замкнутый контакт блока БКН разрывает цепь питания РМН и автоматический выключатель отключает силовую цепь.

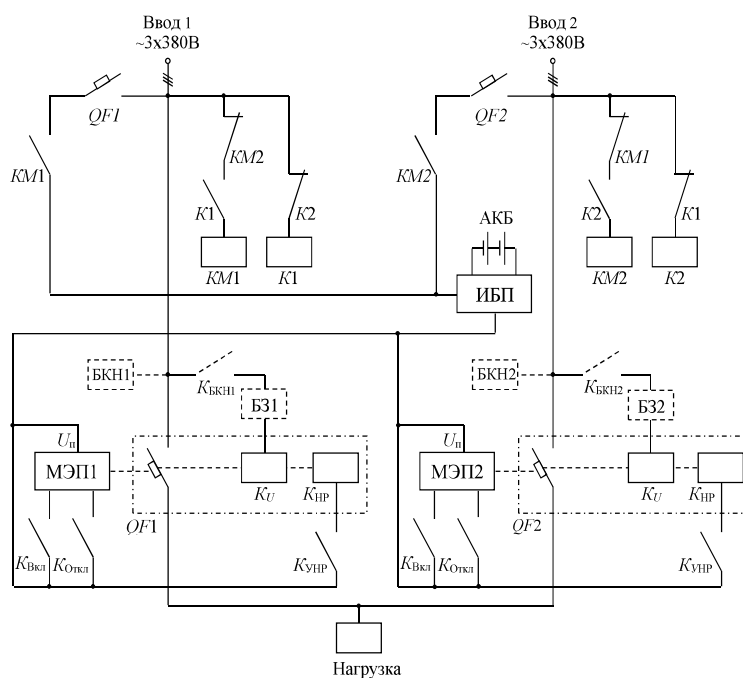
Наблюдение за работой таких автоматических выключателей разных производителей, а также анализ неисправностей показывают, что аварийные ситуации (объединение сетей, имеющих сдвиг фаз) возникают по механическим причинам. Опыт эксплуатации выявил, что возможны случаи, когда РМН при отключении напряжения оставалось во включенном состоянии, а механизм отключения автоматического выключателя не размыкал главные контакты. Такое положение автоматического выключателя не позволяет подключать к нагрузке другой источник электроэнергии для нормальной работы. В случае включения другого автоматического выключателя на эту же сеть возникает бросок тока с последующим отключением автоматических выключателей за счет срабатывания максимально-токовых расцепителей. Для исключения таких ситуаций и получения возможности дистанционного отключения автоматических выключателей они дополнительно оснащаются независимыми расцепителями (НР). НР повышают надежность работы автоматических выключателей в случае выхода из строя РМН либо механизма его срабатывания [8, 11].

Кроме того, при отключении силового питания также без электроэнергии остается автоматика и сигнализация состояния главных контактов автоматического выключателя. Обеспечить надежное питание схемы автоматики и сигнализации позволяет АВР собственных нужд, который в своем составе имеет источник бесперебойного питания (ИБП).

### **III. Описание варианта построения АВР**

Ряд экспериментов показал, что при выводе из строя отдельных элементов автоматики управления приводом автоматического выключателя и создании аварийных ситуаций управления, схема управления остается в рабочем состоянии. Однако, для исключения одновременного включения автоматических выключателей разных фидеров питания возможно использовать информацию от блока измерения параметров электроэнергии БКН (рис. 2). При реализации системы контроля параметров и состояния силовых аппаратов схема системы управления переводится на дистанционное управление. В случае отключения напряжения на рабочем фидере выполняется анализ параметров напряжения и мощности, и, если сигнал положения силовых контактов окажется в состоянии «Включено», система управления сформирует сигнал для включения независимого расцепителя, который переведет автоматический выключатель в выключенное состояние. Одновременно с этим можно выполнить диагностику системы управления и выдать сообщение о неисправности. Такая система управления исключает ошибочное включение двух автоматических выключателей различных систем питания, информирует о фактическом состоянии силовых аппаратов и предупреждает о конфликтующих сигналах обратной связи.

На рис. 3 показана однолинейная схема цепи питания автоматики управления силовыми автоматическими выключателями, выполненная на базе АВР и ИБП. Схема имеет два взаимозаменяемых источника электроэнергии, а в случае отключения напряжения на обоих фидерах, питание будет поступать от резервного источника – аккумуляторной батареи (АКБ). Аварийное отключение автоматического выключателя  $QF$  выполняется независимым расцепителем  $K_{НР}$  через промежуточное реле  $K_{УНР}$ , а штатное включение и отключение – реле  $K_{Вкл}$  и  $K_{Откл}$ , соответственно.



**Рис. 3. Схема управления автоматическими выключателями с АВР собственных нужд:**

*АКБ – аккумуляторная батарея; ИБП – источник бесперебойного питания*

**Fig. 3. Control circuit for circuit breakers with AVR for own needs:**

*AKB – rechargeable battery; UPS – uninterruptible power supply*

#### IV. Заключение

АВР одностороннего действия по предложенной структуре был реализован в системе электроснабжения предприятия г. Нижнего Новгорода. В данную систему электроснабжения входят автономный источник электроэнергии (газопоршневая установка) и две линии питания от городских сетей. Введенная в работу система АВР выполняет оперативные переключения между источниками электроэнергии, как в автоматическом, так и в ручном режиме при необходимости. Следует отметить стабильную (без сбоев и отключений) работу системы управления АВР, которая позволяет выполнять анализ качества электроэнергии и безаварийное переключение потребителей к источникам электроэнергии. Кроме того, система выполняет диагностику неисправностей элементов автоматических выключателей, оснащенных электроприводами и выводит сообщения об ошибках на экран оператора.

Надежная система управления с АВР при работе в комплексе с контроллерным управлением распределения электроэнергии между потребителями позволит повысить эффективность загрузки желаемых источников и исключить перебои в системе электроснабжения предприятия.

© Попов С.В., 2025

*Поступила в редакцию 28.07.2025*

*Принята к публикации 19.08.2025*

*Received 28.07.2025*

*Accepted 19.08.2025*

#### Библиографический список

- [1] Белов Б.А., Орлов В.С. Электрооборудование и электроснабжение береговых установок речного транспорта. М.: Транспорт, 1991. – 352 с.
- [2] Козлов А.Н. Автоматика управления режимами электроэнергетических систем. Благовещенск: Издательство АмГУ, 2014. – 64 с.
- [3] Полищук В.И. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем. Барнаул: АлтГТУ, 2022. – 91 с.
- [4] Павлов Г.М., Меркурьев Г.В. Автоматика энергосистем. С.-Пб.: Издание Центра подготовки кадров РАО «ЕЭС России», 2001. – 387 с.
- [5] Ершов А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Челябинск: ЮУрГУ, 2013. – 76 с.
- [6] Альбом решений по автоматическому вводу резерва // ONI Разумная автоматика. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elec.ru/files/2022/08/24/katalog-reshenii-AVR.pdf> (дата обращения 01.11.2025).
- [7] Каталог решений АВР // ЕКФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://ep.ru/product/katalogs/EKF/ekf-avr.pdf> (дата обращения 01.11.2025).
- [8] Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск № 18. Типовые схемы АВР с применением интеллектуально программируемого реле Zelio Logic //

- Schneider Electric [Электронный ресурс]. URL: [https://tech-expo.ru/upload/iblock/3ca/tipovye-skhemu-AVR\\_-v-tom-chisle-i-s-podklyucheniem-DES-\\_Schneider-Electric\\_.pdf](https://tech-expo.ru/upload/iblock/3ca/tipovye-skhemu-AVR_-v-tom-chisle-i-s-podklyucheniem-DES-_Schneider-Electric_.pdf) (дата обращения 01.11.2025).
- [9] Automatic reserve entry (ABP) // Design ideas. [Электронный ресурс]. URL: <https://tricornmedals.com/automatic-reserve-entry-abp.html> (дата обращения 01.11.2025).
- [10] Automatic reserve input (ATS). [Электронный ресурс]. URL: <https://buildday-sis.com/en/issues/1879511> (дата обращения 01.11.2025).
- [11] How does an automatic transfer switch work? // CSQ low-voltage power distribution systems. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.csqelectric.com/how-does-an-automatic-transfer-switch-work> (дата обращения 01.11.2025).

### References

- [1] B.A. Belov and V.S. Orlov, *Elektrooborudovanie i elektrosnabzhenie beregovykh ustanovok rechnogo transporta [Electrical equipment and power supply of coastal installations of river transport]*. Moscow: Transport, 1991 (in Russian).
- [2] A.N. Kozlov, *Avtomatika upravleniya rezhimami elektroenergeticheskikh system [Automation of control modes of electric power systems]*. Blagoveshchensk: Amur State University Publishing House, 2014 (in Russian).
- [3] V.I. Polishchuk, *Relejnaya zashchita i avtomatizaciya elektroenergeticheskikh system [Relay protection and automation of electric power systems]*, Barnaul: Altai State Technical University, 2022.
- [4] G.M. Pavlov and G.V. Merkuryev, *Avtomatika energosistem [Automation of power systems]*. St. Petersburg: Publication of the Personnel Training Center of RAO UES of Russia, 2001 (in Russian).
- [5] A.M. Ershov, *Relejnaya zashchita i avtomatika v sistemah elektrosnabzheniya [Relay protection and automation in power supply systems]*. Chelyabinsk: Publishing center of SUSU, 2013 (in Russian).
- [6] Al'bom reshenij po avtomaticheskomu vvodu rezerva [Album of solutions for automatic input of reserve power]. [Online]. Available at: <https://www.elec.ru/files/2022/08/24/katalog-reshenii-AVR.pdf> [Accessed: Nov. 1, 2025] (in Russian).
- [7] Katalog reshenij AVR [Catalogue of AVR solutions]. [Online]. Available at: <https://ep.ru/product/katalogs/EKF/ekf-avr.pdf> [Accessed: Nov. 1, 2025] (in Russian).
- [8] Tekhnicheskaya kollekcija Schneider Electric [Schneider Electric Technical Collection]. Issue 18. Tipovye skhemy AVR s primeneniem intellektual'no programmiruemogo rele Zelio Logic [Typical ATS circuits using the Zelio Logic intelligent programmable relay]. [Online]. Available at: [https://tech-expo.ru/upload/iblock/3ca/tipovye-skhemu-AVR\\_-v-tom-chisle-i-s-podklyucheniem-DES-\\_Schneider-Electric\\_.pdf](https://tech-expo.ru/upload/iblock/3ca/tipovye-skhemu-AVR_-v-tom-chisle-i-s-podklyucheniem-DES-_Schneider-Electric_.pdf) [Accessed: Nov. 1, 2025] (in Russian).
- [9] Automatic reserve entry (ABP). [Online]. Available at: <https://tricornmedals.com/automatic-reserve-entry-abp.html> [Accessed: Nov. 1, 2025].
- [10] Automatic reserve input (ATS). [Online]. Available at: <https://buildday-sis.com/en/issues/1879511> [Accessed: Nov. 1, 2025].

- [11] How does an automatic transfer switch work? [Online]. Available at: <https://www.csqelectric.com/how-does-an-automatic-transfer-switch-work> [Accessed: Nov. 1, 2025].

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ  
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Попов Сергей Васильевич**, кандидат технических наук, доцент Волжского государственного университета водного транспорта, г. Нижний Новгород, Российская Федерация.

**Sergey V. Popov**, Cand. Sci. (Eng.), associate professor of the Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russian Federation.