

**Васильев Александр Сергеевич,  
Кульков Владислав Владимирович,**  
обучающиеся ГАПОУ Краснодарского края  
«Каневской аграрно-технологический  
колледж»,  
станция Стародеревянковская  
E-mail: gromo.2003@mail.ru,  
ironman\_2017@inbox.ru

**Научный руководитель  
Олифиренко Наталья Александровна,**  
преподаватель электротехнических  
дисциплин  
высшей квалификационной категории,  
ГАПОУ Краснодарского края  
«Каневской аграрно-технологический  
колледж»,  
станция Стародеревянковская,  
E-mail: nat-olifirenko@mail.ru

# АНАЛИЗ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА

**ЭНЕРГЕТИКА И  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

**УДК 621.3.062.88**

Бесперебойная работа электроустановок возможна лишь при условии их надёжного электропитания. Поэтому имеет смысл организовать его от двух источников электроэнергии с переводом от одного к другому. Такая система носит название автоматический ввод резерва (АВР). Её работа заключается в полностью автоматическом подключении цепей электрооборудования потребителей от резервного источника питания в случае отключения основного. Цели данной публикации — провести обзор базовых схем АВР, проанализировать работу АВР на контакторах, выполнить расчёт и выбор электрооборудования для автоматического ввода резерва АВР на контакторах, перечислить достоинства и недостатки АВР на контакторах и в итоге выполнить учебный стенд АВР. Практическая значимость работы заключается в использовании выбранных электрических аппаратов к схеме АВР и изготовлении действующего стенда «Принцип работы АВР», применяемого на уроках теоретического обучения в колледже.

Uninterrupted operation of electrical installations is possible only if their reliable power supply is provided. Therefore, it makes sense to organize power from two sources of electricity, with the transfer of power from one to the other. This system is called automatic reserve entry, abbreviated as AVR. Its operation consists in fully automatic connection of electric equipment circuits of consumers from a backup power source in case of disconnection of the main one. The purpose of the authors' work was to review the basic AVR circuits; analyze the AVR operation on contactors; perform the calculation and selection of electrical equipment for automatic input of the AVR reserve on contactors; list the advantages and disadvantages of AVR on contactors and finally perform the AVR training stand. The practical significance of the work consists in the use of selected electrical devices for the AVR scheme and the production of a working stand «the principle of AVR operation», which is used in theoretical training classes in College.

### Ключевые слова

Бесперебойная работа электроустановок, электропитание, автоматический ввод резерва.

## Keyword

Uninterrupted operation of electrical installations, power supply, automatic input of reserve.

В современном мире с множеством электроприборов и электрооборудования все большую актуальность приобретает вопрос организации бесперебойного электропитания. Обеспечить его возможно с помощью внедрения системы АВР (автоматический ввод резерва). Данная система подразумевает организацию питания от двух источников электроэнергии, с переводом питания от одного к другому. Её работа заключается в полностью автоматическом подключении цепей электрооборудования потребителей от резервного источника питания в случае отключения основного.

**Вариантов схем снабжения, для которых реализованы АВР, несколько:**

1. АВР с явным резервом (на одной секции два питания: одно рабочее, а второе резервное).

2. АВР с неявным резервом (две секции, у каждой свой рабочий ввод, а между секциями секционный выключатель). В данной схеме следует учитывать возможность запуска механизмов и нагрузки двух секций от одного, оставшегося в работе трансформатора. Его мощность должна быть рассчитана на требуемую нагрузку. Такие схемы являются двусторонними.

3. Групповое резервирование (одна резервная секция, от которой ничего не запитано, и к этой секции идут шины или кабельные линии от каждой рабочей секции).

Пусковой орган АВР может быть исполнен с пуском от реле напряжения, реле напряжения и реле тока, реле тока и реле частоты, АВР с микропроцессорными блоками управления. В последних устройствах, как правило, используются полупроводниковые коммутаторы, которые более надежны, чем аппараты, выполняющие переключение с помощью контакторов.

## РАБОТА АВР НА КОНТАКТОРАХ

Это самый простой тип АВР, выполнен на контакторах (они же магнитные пускатели). В состав такого АВР входят два контактора: один подключает питание от основного ввода на нагрузку, другой – от резервного ввода. Для безопасного переключения нагрузки контакторы имеют взаимную блокировку друг с другом. Если механическая блокировка контактов нарушится, т. е. произойдет, например, встречное включение, это может привести к полному короткому замыканию. Этого необходимо избегать. У АВР контакторы или другие коммутирующие устройства должны быть заблокированы и защищены от одновременного включения. Особенно когда это АВР для ДГУ (дизель-генераторная установка). В нашем случае применяется электрическая блокировка переключения – это дополнительные контакты контактора, включенные определенным образом и не позволяющие подать управляющее напряжение на оба контактора одновременно.

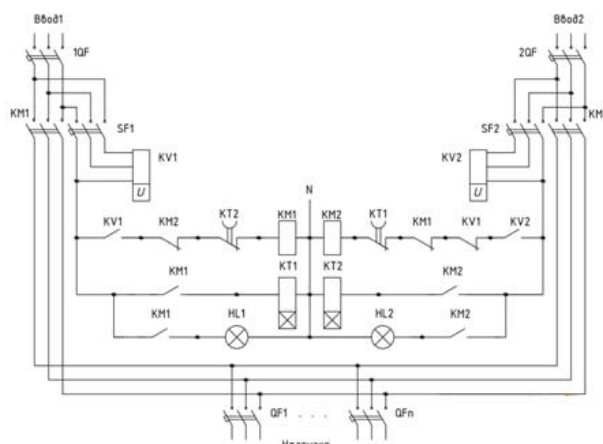
Время переключения АВР на контакторах может составлять до 0,25-0,35 сек., но на самом деле время переключения такого АВР устанавливают не менее 3 сек., так как контактор не имеет дугогасительной камеры и для гашения переходных процессов вводится задержка на включение второго контактора, т. е. подача питания в нагрузку от второго ввода произойдет через 3 сек. и более.

**Преимущества АВР на контакторах:** простота конструкции (надежность), высокая скорость переключения (особенно важно при питании ответственных технологических процессов), низкие финансовые затраты на реализацию в определенном диапазоне токов, надежность контакторов по сравнению с моторными приводами коммутационных аппаратов с возможностью удаленного управления.

Из недостатков данного решения можно отметить частые заедания механической блокировки, отсутствие встроенной защиты от сверхтоков и энергопотребление во включенном состоянии.

Представим схему АВР на два ввода (рис. 1)

Рис. 1. Принципиальная электрическая схема



*ABP на 2 ввода*

В нормальном режиме питание осуществляется через ввод 1 (рабочий ввод). Ввод 2 в это время отключен, и контакты контактора КМ2 и реле времени КТ2 находятся в замкнутом положении, тем самым подготавливается цепь на включение контактора КМ1.

При подаче питания через выключатель QF1 на реле контроля фаз (РКФ) KV1 подается трехфазное симметричное напряжение, если не будет никаких нарушений с напряжением (перекос фаз, правильного чередования и т. д.), должно сработать реле KV1, и его контакт в цепи включения контактора KM1 замкнется, а в цепи контактора KM2 разомкнется. Тем самым подается электрический сигнал на контактор KM1, силовые контакты контактора KM1 замыкаются, и подается напряжение потребителям. При срабатывании контактора KM1 срабатывает реле времени KT1, его контакты в цепи включения контактора KM2 мгновенно разомкнутся.

Используя контакт KV1 в цепи контактора КМ2, мы тем самым создаем приоритет ввода 1.

**Данная система подразумевает организацию питания от двух источников электроэнергии, с переводом питания от одного к другому. Её работа заключается в полностью автоматическом подключении цепей электрооборудования потребителей от резервного источника питания в случае отключения основного.**

Лампа HL1 сигнализирует о срабатывании контактора KM1 рабочего ввода.

Включение ввода 2 – резервный ввод: наличие напряжения на вводе 2; включен автоматический выключатель SF2; включен автоматический выключатель Q2F.

При нарушении питания на вводе 1 контакт реле контроля фаз KV1 разрывает цепь питания контактора KM1, в это время контакт KM1 и контакт KV1 в цепи контактора KM2 находятся в замкнутом положении, тем самым подготавливается цепь на включение контактора KM2.

Контакт контактора KM1 снимает напряжение с катушки реле времени KT1, и реле срабатывает с выдержкой времени на возврат, то есть контакт KT1 замкнется через определенное время (вернется в исходное положение).

Подается электрический сигнал на включение контактора KM2 при условии, что на вводе 2 присутствует напряжение и реле контроля фаз KV2 сработало и его контакт замкнут в цепи включения KM2.

После выполнения всех условий контактор KM2 срабатывает, и через силовые контакты подается напряжение потребителям, а лампа HL2 сигнализирует о срабатывании контактора KM2 резервного ввода.

Отечественной промышленностью выпускается достаточное количество различных типов реле для трехфазной и однофазной сети, однако наибольшее применение получили реле серии ЕЛ – ЕЛ11Е, ЕЛ-12Е, ЕЛ-13Е, которые были разработаны для работы в наших электрических сетях, где каждый тип реле этой серии имеет свою область применения.

В проекте для схемы АВР предлагаем реле типа ЕЛ-11Е. Оно предназначено для контроля уровня напряжения и используется для защиты источников питания, генераторов, а также в качестве приборов контроля в системах АВР. Реле серии ЕЛ выпускаются с разным временем срабатывания – 0,1; 0,15; 0,5 секунды, а также с регулировкой задержки от 0,1 до 10 секунд, что позволяет избежать ложных срабатываний при наличии кратковременных возмущений в электрической сети. Практически все реле контроля фаз имеют одинаковое устройство: индикация нормального и аварийного состояния сети, измерительная и силовая часть. Измерительная часть, как правило, имеет регулируемую уставку нижнего и верхнего порогов напряжения, регулировку задержки срабатывания реле. Силовая часть представляет собой

обычное электромагнитное реле, контакты которого действуют в схемах управления систем АВР.

## **РАСЧЁТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА АВР ДЛЯ СЕТИ НАПЯЖЕНИЕМ 380 В**

Любая схема щита начинается с вводного автомата, который полностью отключает линию. Номинал вводного автомата зависит от выделяемой мощности.

Расчет проведем для потребителя, у которого напряжение сети  $U_n = 0,38$  кВ; расчетная мощность  $P_p = 15$  кВт; коэффициент мощности  $\cos\varphi = 0,84$ .

### **1-й расчет**

Чтобы выбрать номинал автоматического выключателя, считаем номинал тока нагрузки данной электро-сети:

$$I_p = P_p / (\sqrt{3} \times U_n \times \cos\varphi) \quad I_p = 15 / (\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,84) = 27,7 \text{ А}$$

### **2-й расчет**

Чтобы избежать ложного срабатывания автомата защиты, номинальный ток автомата защиты (ток срабатывания теплового расцепителя) следует выбрать на 10% больше планируемого тока нагрузки:

$$I_{\text{ток.расцепителя}} = I_p \times 1,1$$

$$I_{\text{т.р}} = 27,7 \times 1,1 = 30,6 \text{ А}$$

Итог расчета: по сделанному расчету выбираем автомат защиты (по ПУЭ п. 3.1.10) с током расцепителя, ближайшим к расчетному значению:

$$I_{\text{ном.ав}} = 32 \text{ Ампер (32 А)}.$$

Автоматический выключатель ВА47-29 3Р 32А С. Такой выбор автомата защиты позволит стабильно работать электрической цепи в рабочем режиме и срабатывать только в аварийных ситуациях.

## **ВЫБИРАЕМ МАГНИТНЫЙ ПУСКАТЕЛЬ**

Потребитель имеет асинхронный двигатель с мощностью 2,2 кВт типа 4АМ100L6У3: кпд – 81,0%, коэффициент мощности – 0,73, кратность пускового тока – 5,5.

$$\text{В ы ч и с л и м т о к : } I_{\text{НОМ}} = 2200 / (380 \times 0,81 \times 0,73 \times 1,73) = 5,6 \text{ А}$$

$$\text{Теперь считаем пусковой ток: } I_{\text{П}} = 5,6 \times 5,5 = 30,8 \text{ А}$$

При выборе реле контроля фаз напряжения нужно ориентироваться на технические параметры устройства, которое подключается к цепи.

### **Алгоритм действий следующий:**

1. Определяем способ подключения – с «нулем» или без него (в данном случае с «нулем»).

2. Определяемся с параметрами. Для схемы АВР важно, чтобы устройство контролировало факт обрыва и последовательность фаз. При этом время задержки должно быть в диапазоне между 10 и 15 секундами. Требуется наличие контроля колебаний  $U$  больше или меньше уставки. Чтобы коммутировать реле с нулевым проводом, требуется визуальный контроль для каждой из фаз.

После анализа рассмотренных требований можно отдать предпочтение ЕЛ11.

Выбираем пускатель с дополнительной приставкой,

Таблица 1. Спецификация оборудования

| №  | Артикул            | Номенклатура                                               | Ед. | Цена, руб. |
|----|--------------------|------------------------------------------------------------|-----|------------|
| 1  | MVA20-3-032-C      | Авт. выкл. ВА47-29 3Р 32А 4,5кА х-ка С ИЭК                 | 1   | 164        |
| 2  | KKM21-032-230-10   | Контактор КМИ-23210 32А 230В/АС3 1НО ИЭК                   | 2   | 540        |
| 3  | KKM10D-MB          | Механизм блокировки для КМИ (09А-32А) ИЭК                  | 1   | 109        |
| 4  | ЕЛ-11Е             | Реле контроля трехфазного напряжения ЕЛ-11Е                | 2   | 1,100      |
| 5  | MVA20-1-006-C      | Авт. выкл. ВА47-29 1Р 32 А 4,5кА х-ка С ИЭК                | 6   | 55         |
| 6  | BLS10-ADDS-230-K06 | Лампа AD22DS(LED)матрица d22мм зеленый 230В ИЭК            | 2   | 63         |
| 7  | YKM41-02-31        | Корпус металлический ЦМП-2-1 36 УХЛЗ IP31                  | 1   | 1,735      |
| 8  | YZN10-010-K07      | Зажим наборный ЗНИ-10мм <sup>2</sup> (JXB70А) синий ИЭК    | 3   | 19         |
| 9  | YZN20-010-K52      | Зажим наборный ЗНИ-10PEN 10мм <sup>2</sup> (JXB-земля) ИЭК | 3   | 34         |
| 10 |                    | Провод, маркировка, коробка, наконечники, профиль          | 1   | 1050       |

для световой сигнализации выбираем лампы.

Для монтажа электропроводки выбираем монтажный провод ПВБ сечением 2,5 мм<sup>2</sup>.

Выбор электрических аппаратов выполним из ассортимента продукции IEK GROUP. Это один из ведущих российских поставщиков и производителей све-

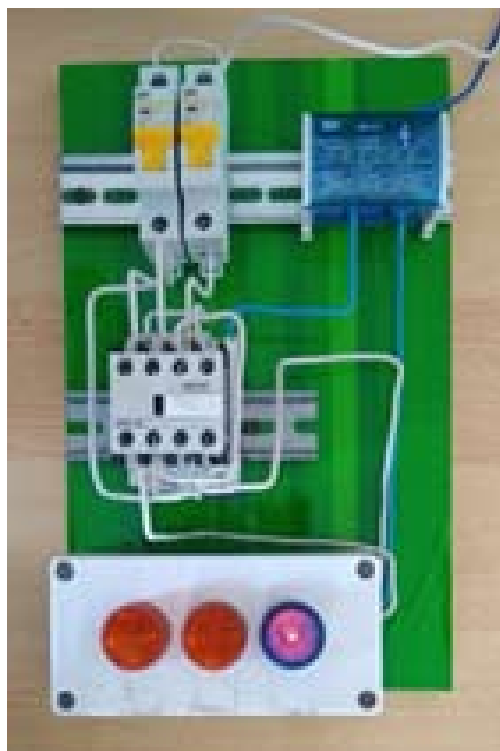


Рис. 2. Стенд АВР на 1 магнитном пускателе

тотехнического и электротехнического оборудования под брендом IEK®, оборудования промышленной автоматизации ONI® и продукции для IT-технологий ИТК®. Компания предлагает самый широкий ассортимент оборудования для формирования комплексных ре-

## Грамотная и аккуратная сборка электрощитов с АВР является залогом обеспечения надежной работы энергосистем.

шений в сфере строительства, ЖКХ, сельского хозяйства, транспорта, инфраструктуры, промышленности, энергетики и телекоммуникаций. IEK GROUP – эксперт по компетенции «Электромонтаж» WorldSkills. Результат выбора электрических аппаратов представлен в таблице 1.

В электромонтажной мастерской в период учебной практики был собран демонстрационный стенд АВР на 1 магнитном пускателе для ручного подключения потребителей к источнику резервного электроснабжения напряжением 220 В.

Фото стенда представлено на рисунке 2. Силовой шкаф АВР на 380 В – на рисунке 3.

Практическая значимость работы заключается в использовании выбранных электрических аппаратов к схеме АВР и изготовлении действующего стенда «Принцип работы АВР», применяемого на уроках теоретического обучения в колледже.

Грамотная и аккуратная сборка электрощитов с АВР является залогом обеспечения надежной работы энергосистем. Но стоит отметить, что нельзя экономить на комплектующих. Качественная автоматика от известных производителей позволит избежать дорогостоящих аварий и может сохранить жизни людей.

Бесперебойное электроснабжение промышленных и сельскохозяйственных объектов во многом зависит от правильных действий устройств АВР и персонала, обслуживающего электрооборудование. В колледже соз-



Рис. 3. Силовой шкаф АВР на 380 В

даны условия для получения знаний и умений, необходимых в профессиональной деятельности техника-электрика.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 54149-2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. ГОСТ Р 32396-2013 (Устройства вводно-распределительные для жилых и общественных зданий). Технические условия по размещению АВР в составе ВРУ.
3. ГОСТ Р 50571.4.44-2011 (Требования по обеспечению безопасности. Защита от отклонений напряжения и электромагнитных помех), 444.4.6 – Питание от

нескольких источников 444.4.7 – Переключение источников питания.

4. ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний».

5. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации, приказ от 24 июля 2013 г. № 328н. – 80 с.

6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Омега-Л, 2016. – 272 с.

7. Правила устройства электроустановок. – М.: Омега-Л, 2016. – 274 с.

8. Алиев, И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. – Ростов н/Д: Феникс, 2017. – 320 с.

9. Андреев, В.А. релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М.: Академия, 2017. – 639 с.

10. Дьяков, А.Ф. Основы проектирования релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2015. – 248 с.

11. Олифиренко Н.А., Хлыстунова Т.А. Сборка, монтаж, регулировка и ремонт электрооборудования: учебное пособие. – Ростов н/Д, Феникс, 2018 – 366 с.

12. Олифиренко Н.А., Галанов К.Д. Проверка и наладка оборудования: учебное пособие. – Ростов н/Д, Феникс, 2018 – 282 с.

13. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учебник для СПО. – М.: Академия, 2018. – 368 с.

14. Шабад, М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – Санкт-Петербург ПЭИПК, 2017 – 287 с.

15. База нормативной документации по охране труда и промышленной безопасности [электронный ресурс] – режим доступа: [www.Ohranatruda.ru](http://www.Ohranatruda.ru), дата обращения 25.10.2019.

16. Электронно-библиотечная система Znanium [электронный ресурс] – режим доступа: <https://new.znanium.com/>, дата обращения 02.03.2020.