

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Алтайский государственный технический  
университет имени И.И. Ползунова»

Кафедра Электроэнергетики

**Г.В. ПЛЕХАНОВ**

**Элементы цифровой автоматики**

Методические указания для самостоятельной работы студентов,  
обучающихся по направлению «Электроэнергетика и электротехника» всех  
форм обучения

Рубцовск 2021

УДК 621

Г.В. Плеханов. Электромагнитная безопасность: Методические указания для самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения - Рубцовск, 2021. -14 с. [ЭР].

В методических указаниях обобщены единой областью знания основные определения в области элементов цифровой автоматики. Методические указания «Элементов цифровой автоматики» предназначено для студентов обучающихся по направлению «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения.

Рассмотрены и одобрены  
на заседании кафедры ЭЭ  
Протокол № 2 от 26.02.2021

©Рубцовский индустриальный институт, 2021

## 1 Термины и определения

устройства АОПО – обеспечения устройства АОПО, отличающий указанную версию алгоритма функционирования устройства АОПО от других версий и подлежащий изменению при внесении изменений в алгоритм функционирования устройства АОПО (включая изменения, вносимые при модификации, иной переработке или адаптации алгоритма функционирования устройства АОПО);

температура окружающей среды (окружающего воздуха) – значение температуры воздуха, поступающее в устройство АОПО с датчиков температуры;

защищаемый элемент – линия электропередачи, автотрансформатор, трансформатор, ошиновка, линейное оборудование (высокочастотные заградители и трансформаторы тока) и оборудование присоединения линий электропередачи к подстанции ( электростанции), для защиты которых от токовой перегрузки предназначено устройство АОПО.

## 2 Сокращения

АПВ – автоматическое повторное включение;

АРВ – автоматический регулятор возбуждения;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

КЗ – короткое замыкание

ЛЭП – линия электропередачи;

ПАК РВ – программно-аппаратный комплекс моделирования энергосистем в режиме реального времени;

ПТ ИК РЗА – программно-технический измерительный комплекс для РЗА;

СДС «СО ЕЭС» – система добровольной сертификации ОАО « СО ЕЭС»,

созданная АО « СО ЕЭС» и зарегистрированная в едином реестре систем добровольной сертификации 21.03.2013 под No РОСС RU.31034.04ЕЭ01;

ТН – трансформатор напряжения;

УВ – управляющее воздействие.

### 3 СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

#### Позиционные системы

Привычная нам десятичная система счисления относится к классу позиционных. Позиционными считаются системы, в которых одна и та же цифра несет в себе разную информацию в зависимости от её расположения (позиции) в числе. Количество цифр  $s$ , используемых в системах позиционного типа, называется основанием системы счисления. В десятичной системе используется десять привычных нам цифр от 0 до 9, основание  $s = 10$ .

любые из множества  $s$  цифр, используемых в системе.

Числа в позиционной системе представляются в виде последовательности соответствующих цифр. При такой записи вес каждого разряда увеличивается в  $s$  раз, по сравнению с соседним, при движении справа налево.

### 4 АЛГЕБРА ЛОГИКИ

Алгебра логики, созданная в середине 18 века англичанином Дж. Булем (булева алгебра) оперирует с логическими переменными. Основополагающим законом алгебры логики является *закон исключения третьего*, согласно которому логические переменные, в отличие от переменных обычной алгебры, могут принимать только два значения. Переменные обычно обозначаются как и двоичные цифры символами 0 и 1. Операции над переменными записываются с помощью логических операций.

В электронных схемах операции выполняются с помощью логических элементов. При этом логические сигналы 0 и 1 задаются разными уровнями напряжения. Сигнал логического нуля обычно представляется низким уровнем напряжения  $U_0$ , логической единицы - высоким  $U_1$ . Такая логика получила название *положительной*. В ряде случаев используют *отрицательную логику*, где логический нуль представляется высоким уровнем напряжения, а логическая единица - низким.

Для изображения логических схем всегда используются условные графические обозначения элементов, описывающие только выполняемую элементами функцию и не зависящие от его схемы. В настоящее время в мире существует несколько общепринятых стандартов условных обозначений. Наиболее распространенными являются американский стандарт *milspec 806B* и стандарт *МЭК 117-15A*, созданный Международной Электротехнической Комиссией. Часто в литературе используются также обозначения в европейской системе *DIN 4070*. В отечественной литературе условные обозначения элементов в основном соответствуют *ГОСТ 2.743-82*.

#### *Функционально-полный набор логических элементов*

Набор логических элементов, достаточный для построения любой сколь угодно сложной логической схемы, называется *функционально полным*.

Очевидно, что функционально полным является набор элементов И, ИЛИ, НЕ.

Из этого набора можно исключить некоторые элементы без нарушения функциональной полноты. В частности, функционально-полным считается набор из двух элементов: И и НЕ. В этом случае для выполнения операции ИЛИ двух переменных  $x_1$  и  $x_2$  просто по уравнению:  $x_1 \vee x_2 = \overline{x_1} \wedge \overline{x_2}$  строится схема на трех элементах НЕ и одном элементе И. Уравнение вытекает из теоремы де Моргана.

Комбинационной считается логическая схема без элементов памяти. Все выходные переменные такой схемы однозначно определяются значениями переменных входных. Связь между входными и выходными переменными

задается таблицами истинности или логическими уравнениями. Далее рассматриваются наиболее распространенные комбинационные схемы, входящие как типовые элементы в состав многих серий интегральных схем ТТЛ, ЭСЛ и КМОП-логики.

## 5. Функциональные и технические требования к устройствам АОПО

5.1. Устройства АОПО предназначены для предотвращения недопустимой по величине и длительности токовой нагрузки защищаемых элементов.

5.2. Устройство АОПО должно обеспечивать:

– срабатывание при выявлении превышения в любой из трех фаз током по защищаемому элементу заданной величины при заданной температуре окружающей среды;

– выдачу УВ через заданную выдержку времени.

5.3. В устройстве АОПО должна быть предусмотрена пофазная фиксация токовой нагрузки.

5.4. В устройстве АОПО должна быть предусмотрена возможность задания не менее двух ступеней с контролем величины токовой нагрузки. При этом для каждой ступени должна быть предусмотрена возможность задания нескольких выдержек времени на срабатывание.

5.5. В устройстве АОПО должна быть предусмотрена возможность задания не менее трех групп уставок по току.

5.6. В устройстве АОПО должна быть предусмотрена возможность изменения уставок (групп уставок) на самом устройстве АОПО, дистанционно и автоматически по фактору изменения температуры окружающей среды или иным заданным условиям.

5.7. В устройстве АОПО должна быть предусмотрена возможность:

- ввода / вывода функции АОПО (для микропроцессорных устройств РЗА с функцией АОПО);
- ввода / вывода каждой ступени АОПО;
- ввода / вывода отдельных УВ;
- выбора автоматического или ручного изменения уставок по фактору изменения температуры окружающей среды.

5.8. Коэффициент возврата измерительных органов для устройства АОПО должен быть не менее 0,99.

5.9. После перерывов питания любой длительности устройство АОПО должно восстанавливать работоспособность с заданными уставками и алгоритмом функционирования за время не более 30 с с момента подачи питания.

5.10. В устройстве АОПО должна быть предусмотрена возможность контроля направления перетока активной мощности по защищаемому элементу.

При этом должны выполняться следующие условия:

- при неисправности цепей напряжения в устройстве АОПО должен блокироваться пуск всех УВ, кроме воздействия на отключение защищаемого элемента;
- если устройство АОПО реализует разные УВ при разных направлениях перетока активной мощности, то для каждого из направлений перетоков активной мощности должен выполняться отдельный алгоритм функционирования.

5.11. Устройство АОПО не должно ложно срабатывать (выдавать УВ) при:

- снятии и подаче питания;
- возникновении неисправностей в цепях оперативного тока;
- возникновении неисправностей в цепях напряжения и тока;
- перезагрузке устройства;
- неисправности датчиков температуры окружающей среды;

– изменении уставок (групп уставок).

5.12. Устройство АОПО должно:

– содержать внутреннюю функцию регистрации аналоговых сигналов и дискретных событий в объеме, необходимом для анализа работы устройства;

– обеспечивать возможность преобразования зарегистрированных данных в формат, установленный международным стандартом COMTRADE [1].

5.13. В устройстве АОПО должна быть предусмотрена автоматическая самодиагностика исправности программно-аппаратных средств с сигнализацией о неисправности.

5.14. В устройстве АОПО должна быть предусмотрена возможность синхронизации с глобальными навигационными системами. Все зарегистрированные в устройстве АОПО данные должны иметь метки всемирного координированного времени.

5.15. Устройство АОПО должно обеспечивать возможность передачи информации о его функционировании в АСУ ТП объекта электроэнергетики и во внешние регистраторы аварийных событий и процессов.

5.16. В устройстве АОПО должно предусматриваться два входа для приема информации от датчиков температуры окружающей среды.

5.17. В устройстве АОПО должна быть реализована проверка достоверности поступающей информации о температуре окружающей среды (отсутствие / наличие сигнала от датчика температуры окружающей среды, выход замера температуры окружающей среды за заданный диапазон измерений, выход разности между показаниями датчиков окружающей среды за допустимую величину).

5.18. При выявлении недостоверности поступающей информации о температуре окружающей среды устройство АОПО должно переходить с автоматического режима задания уставок на последние достоверные данные, полученные от датчиков температуры окружающей среды.

5.19. Документация на устройство АОПО должна быть на русском языке и содержать:

- информацию об области применения устройства;
- информацию об ограничениях применения устройства;
- описание алгоритма функционирования устройства в объеме, достаточном для обеспечения возможности его моделирования при проведении расчетов переходных режимов и статической устойчивости и полноценного анализа его работы;
- методику выбора параметров настройки (уставок) (с примерами);
- типовую форму бланка параметров настройки (уставок).

## 6. Подтверждение соответствия устройств АОПО требованиям Стандарта

6.1. Подтверждение соответствия устройств АОПО требованиям Стандарта осуществляется путем добровольной сертификации в СДС «СО ЕЭС».

6.2. Подтверждение соответствия устройств АОПО требованиям Стандарта может осуществляться путем добровольной сертификации в иных системах добровольной сертификации, зарегистрированных в установленном порядке в едином реестре систем добровольной сертификации, при условии соблюдения требований, установленных настоящим разделом Стандарта.

6.3. Объектом сертификации является устройство АОПО с заложенным в него алгоритмом функционирования.

6.4. Сертификация проводится в отношении типовых (серийных) экземпляров устройств АОПО.

6.5. Действие сертификата соответствия распространяется на конкретный тип (марку) и алгоритм функционирования (версию алгоритма функционирования) устройства АОПО.

6.6. В случае идентичности типа (марки) устройств АОПО действие сертификата соответствия не распространяется на устройства АОПО, номер версии алгоритма функционирования которых отличен от номера версии, соответствующего сертифицированному алгоритму функционирования устройства АОПО.

6.7. Сертификация устройства АОПО осуществляется в соответствии с правилами функционирования соответствующей системы добровольной сертификации с обязательным соблюдением требований, установленных настоящим разделом Стандарта.

6.8. Допуск юридических лиц к проведению в СДС «СО ЕЭС» добровольной сертификации устройств АОПО на соответствие требованиям Стандарта осуществляется отдельно в части проведения добровольной сертификации с использованием ПАК РВ и с использованием ПТ ИК РЗА. В случае если допуск юридического лица к проведению в СДС «СО ЕЭС» добровольной сертификации устройств АОПО осуществляется одновременно в части проведения добровольной сертификации с использованием ПАК РВ и ПТ ИК РЗА, юридическому лицу выдаются отдельные свидетельства о допуске к проведению добровольной сертификации на каждую из указанных областей допуска.

6.9. Применяемая схема сертификации устройства АОПО в обязательном порядке должна включать выполнение мероприятий по анализу документов и информации, представленных заявителем, и проведение сертификационных испытаний устройства АОПО (согласно схеме 3 Правил функционирования системы добровольной сертификации ОАО «СО ЕЭС», утвержденных приказом ОАО «СО ЕЭС» от 05.12.2012 N 475).

6.10. Анализ документов и информации, представленных заявителем, проводится органом по добровольной сертификации перед проведением сертификационных испытаний, с целью предварительной оценки основных технических характеристик устройства АОПО.

Минимальный перечень документов и информации по устройствам АОПО, подлежащих представлению заявителем на рассмотрение органу по добровольной сертификации, приведен в приложении 1 к Стандарту. Орган по добровольной сертификации вправе дополнительно затребовать от заявителя иные документы и информацию в объеме, необходимом для проведения сертификации и оценки соответствия устройства АОПО требованиям Стандарта.

6.11. Сертификационные испытания проводятся в соответствии с Методикой проведения сертификационных испытаний устройств АОПО (далее – Методика), приведенной в приложении 2 к Стандарту, с использованием ПАК РВ или ПТ ИК РЗА.

6.12. Сертификационные испытания должны проводиться по программе, разработанной органом по добровольной сертификации в соответствии с Методикой и согласованной с АО «СО ЕЭС».

6.13. Сертификационные испытания проводятся на производственно-технической базе испытательной лаборатории органа по добровольной сертификации.

6.14. Сертификационные испытания устройств АОПО должны проводиться в присутствии представителя заявителя или уполномоченного им лица. При проведении сертификационных испытаний могут присутствовать представители АО «СО ЕЭС».

6.15. Сертификационные испытания проводятся в следующем порядке:

6.15.1. Заявитель передает органу по добровольной сертификации для проведения сертификационных испытаний устройство АОПО и согласовывает с органом по добровольной сертификации схемы его подключения к тестовой модели энергосистемы (к интерфейсным блокам ПАК РВ) либо к ПТ ИК РЗА, параметры настройки устройства АОПО.

6.15.2. Органом по добровольной сертификации производится сборка тестовой модели энергосистемы либо настройка ПТ ИК РЗА.

6.15.3. Орган по добровольной сертификации устанавливает в устройстве АОПО представленные заявителем параметры настройки для тестовой модели энергосистемы (при использовании ПАК РВ).

6.15.4. Органом по добровольной сертификации производится подключение сертифицируемого устройства АОПО к ПАК РВ либо к ПТ ИК РЗА.

6.15.5. Органом по добровольной сертификации проводятся сертификационные испытания устройства АОПО в соответствии с программой сертификационных испытаний с регистрацией всех опытов.

6.16. Результаты сертификационных испытаний оформляются органом по добровольной сертификации протоколом сертификационных испытаний. Протокол сертификационных испытаний подписывается всеми участниками испытаний.

Протокол сертификационных испытаний должен соответствовать требованиям, указанным в Правилах функционирования системы добровольной сертификации ОАО «СО ЕЭС», утвержденных приказом ОАО «СО ЕЭС» от 05.12.2012 N 475.

Дополнительно в протоколе сертификационных испытаний должны быть приведены:

- описание сертифицируемого устройства АОПО (тип, номинальные параметры, номер версии алгоритма функционирования, структурная схема алгоритма функционирования и ее описание с учетом внесенных при сертификационных испытаниях изменений);

- описание тестовой модели энергосистемы, на которой проводились сертификационные испытания (при использовании ПАК РВ);

- параметры ПАК РВ или ПТ ИК РЗА (тип, модель, заводской номер, дата последней поверки);

- параметры настройки (уставки) сертифицируемого устройства АОПО с обоснованием их выбора, представленные заявителем или уполномоченным им лицом;

- результаты проведенных сертификационных испытаний, содержащие материалы (осциллограммы, показания регистрирующих приборов и т.п.), иллюстрирующие работу сертифицируемого устройства АОПО в каждом из проведенных опытов;

- скорректированные параметры настройки устройства АОПО (в случае если такие параметры, измененные по сравнению с первоначально выбранными параметрами настройки, были предложены заявителем или уполномоченным им лицом в ходе сертификационных испытаний), с приложением обоснования корректировки;

- оценка правильности функционирования сертифицируемого устройства АОПО в каждом из проведенных опытов.

6.17. Срок оформления протокола сертификационных испытаний не должен превышать 10 (десяти) рабочих дней с даты проведения сертификационных испытаний. Копия протокола сертификационных испытаний должна быть направлена органом по добровольной сертификации в АО «СО ЕЭС» не позднее 5 (пяти) рабочих дней с даты его оформления.

6.18. Сертификат соответствия выдается заявителю только при положительных результатах сертификационных испытаний. В сертификате соответствия обязательно указываются тип (марка) устройства АОПО и номер версии его алгоритма функционирования.

6.19. Срок действия сертификата соответствия устройства АОПО требованиям Стандарта установлен бессрочным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 27471-87 машины электрические вращающиеся.
2. СТО 59012820.29.020.002-2018 СТАНДАРТ Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Устройства автоматики ограничения перегрузки оборудования. Нормы и требования