

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего
и профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель ОАР ИШИТР ТТПУ

А. А. Филипас

« _____ » _____ 2021 г.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА

методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Основы промышленной безопасности»
для магистров по направлению
15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
специализация «Системы промышленной безопасности»

Издательство
Томского политехнического университета
Томск 2021

УДК 681.3

Автоматический ввод резерва. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Основы промышленной безопасности» для магистров по направлению 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»/ Составитель В. В. Курганов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021 - 32 с.

Рецензент доцент, к.т.н. М. В. Скороспешкин

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изучению методическим семинаром ОАР ИШИТР ТПУ

Протокол № _____ от _____ 2021 г.

Зав. кафедрой –

руководитель ОАР ИШИТР ТПУ _____ А. А. Филипас

Содержание

	стр.
1 Цель работы	4
2 Термины и определения	4
3 Классификация электроприёмников	7
4 Системы электропитания АСУ ТП	8
5 Системы автоматического ввода резерва	14
6 Аппаратура лабораторной установки	18
7 Задание и методические указания к выполнению работы	22
8 Содержание отчёта	25
9 Контрольные вопросы	25
10 Литература	25

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является следующее:

- изучение способов повышения надёжности систем электропитания;
- экспериментальное исследование схем автоматического ввода (включения) резерва.

2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Системы электропитания являются одним из наиболее важных элементов любой системы автоматизации и практически полностью определяют её надёжность.

Основным документом, регламентирующим построение систем электропитания, является ПУЭ (Правила устройства электроустановок) [1].

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки постоянного и переменного тока напряжением до 750 кВ, в том числе на специальные электроустановки, которые перечислены в этих правилах. Стоит отметить, что ПУЭ не является единственным документом, и специальные электроустановки, не перечисленные в ПУЭ, могут регламентироваться другими нормативными документами, но для проектирования и эксплуатации систем электропитания систем автоматизации ПУЭ является **основным документом**.

Рассмотрим некоторые основные термины и определения ПУЭ.

1. Термины и определения общего назначения

Электроустановка - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

Электропомещение - помещения или отгороженные (например, сетками) части помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного обслуживающего персонала.

Сухие помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60 %.

Влажные помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха более 60 %, но не превышает 75 %.

Сырые помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха превышает 75 %.

Особо сырые помещения - помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

Жаркие помещения - помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура постоянно или периодически (более 1 суток) превышает +35 °С (например, помещения с сушилками, обжигательными печами, котельные).

Пыльные помещения - помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать внутрь машин, аппаратов и т.п.

Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью.

Помещения с химически активной или органической средой - помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

В отношении опасности поражения людей электрическим током различаются:

1) *помещения без повышенной опасности*, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (см. выше);

2) *помещения с повышенной опасностью*, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырость или токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);
- высокая температура;
- возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой;

3) *особо опасные помещения*, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

особая сырость;

химически активная или органическая среда;

одновременно два или более условий повышенной опасности;

4) *территория открытых электроустановок* в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к особо опасным помещениям.

Квалифицированный обслуживающий персонал - специально подготовленные работники, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности), и имеющие группу по электробезопасности, предусмотренную действующими правилами охраны труда при эксплуатации электроустановок.

Номинальное значение параметра - указанное изготовителем значение параметра электротехнического устройства.

Напряжение переменного тока - действующее значение напряжения.

Напряжение постоянного тока - напряжение постоянного тока или напряжение выпрямленного тока с содержанием пульсаций не более 10 % от действующего значения.

2. Электроснабжение и электропотребление

Электроснабжение - обеспечение потребителей электрической энергией.

Система электроснабжения - совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

Централизованное электроснабжение - электроснабжение потребителей электрической энергии от энергосистемы.

Электрическая сеть - совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

Приемник электрической энергии (электроприемник) - аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Потребитель электрической энергии - электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

Нормальный режим потребителя электрической энергии - режим, при котором обеспечиваются заданные значения параметров его работы.

Независимый источник питания - источник питания, на котором сохраняется напряжение в послеаварийном режиме в регламентированных пределах при исчезновении его на другом или других источниках питания.

К числу независимых источников питания относятся:

- 1) две секции подстанции при одновременном соблюдении следующих двух условий:
 - каждая из секций или систем шин имеет питание от независимого источника питания;
 - секции не связаны между собой или имеют связь, автоматически переключающуюся (отключающуюся) при нарушении нормальной работы одной из секций системы;
- 2) дизель-генераторы;
- 3) источники бесперебойного электропитания;
- 4) аккумуляторные станции
- 5) и т.д.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКОВ

Одной из важных задач проектирования систем электропитания является правильная оценка категории электроприемников, которая будет определять надёжность системы электропитания.

В отношении обеспечения надёжности электроснабжения, согласно ПУЭ, электроприемники разделяются на следующие три категории.

Электроприемники первой категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Из состава электроприемников первой категории выделяется **особая группа** электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

Электроприемники второй категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники третьей категории - все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

Электроприемники первой категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы независимые секции подстанций, предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п.

Электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Для **электроприемников третьей категории** электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

4. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ АСУ ТП

Структура системы электроснабжения предприятия определяется категорией электроприёмников, но технически может быть выполнена различными способами. Опыт проектирования и эксплуатации систем автоматизации (автоматизированных систем управления технологическими процессами - АСУ ТП) показывает, что системы электропитания АСУ ТП выполняются, как правило, как для особой группы электроприёмников первой категории. Насколько это оправдано, в каждом конкретном случае решает проектная организация, но следует помнить, что ряд функций АСУ ТП должны выполняться в аварийных для объекта режимах, к которым относится исчезновение электропитания. Например:

- перевод объекта в безопасное состояние;
- наблюдение за объектом, находящимся в аварийном состоянии и т.п.

Отдельно следует отметить негативное влияние переходных процессов, возникающих в системах электропитания при появлении/пропадании входного напряжения на микропроцессорную технику АСУ ТП и на сами источники электропитания.

Практически все элементы АСУ ТП (источники питания, процессорные и другие интеллектуальные модули, модули ввода/вывода, станции оператора и др.) в качестве напряжения питания используют переменное напряжение 220 В или постоянное 24 В.

Рассмотрим несколько вариантов построения таких систем электропитания. Все эти варианты из-за множественного их применения часто называются типовыми.

Вариант 1

Система электропитания АСУ ТП промышленного объекта напряжением

220/380 по варианту 1 представлена на рисунке 4.1.

В трансформаторной подстанции, куда подаётся трёхфазное напряжение 6,3 (35) кВ от воздушной (подземной) линии происходит его понижение до трёхфазного 380 ВАС, которое впоследствии используется в качестве рабочего напряжения. Рабочее напряжение двумя вводами «Ввод 1» и «Ввод 2» подается на промышленный объект, как два независимых источника электроснабжения.

Оба ввода (источника) являются абсолютно равнозначными, но на практике один ввод условно называют «основным», а другой «резервным».

Система аварийного ввода резерва (АВР) обеспечивает переключение потребителя электроэнергии на исправный источник энергии. Если оба источника исправны, то, как правило, электроснабжение выполняется от «основного» источника, а в случае исчезновения напряжения на нём происходит переключение на «резервный». Временной промежуток отсутствия напряжения при переключении определяется рядом факторов, таких как:

- мощность потребителя (величина коммутируемого тока);
- быстродействие элементов АВР;
- реализуемая схема АВР.

Чтобы исключить влияние кратковременного пропадания напряжения на выходе АВР в момент переключения, которое может достигать несколько миллисекунд, используется источник бесперебойного электропитания, который обеспечивает непрерывности напряжения для непосредственных потребителей.

Если выбрана «серьёзная» модель ИБП (например, с двойным преобразованием), то кроме непрерывности напряжения, ИБП обеспечивает стабилизацию действующего напряжения и является мощным фильтром для потребителя.

На рисунке 4.1 представлен вариант трёхфазной системы электроснабжения. На практике такая система используется в случае большой мощности системы электропитания АСУ ТП (5 кВА и выше). В случае, если потребляемая системой электропитания мощность АСУ ТП ниже чем 5 кВА, то возможно использование однофазной системы электропитания.

Использование трёхфазной системы электропитания АСУ ТП позволяет распределить нагрузку по фазам, исключив тем самым перекос и повысив надёжность. Если мощность, потребляемая системой электропитания АСУ ТП, в сравнении с остальной потребляемой установкой/производством/цехом мощностью незначительна, что на практике действительно так, то проблема перекоса фаз исчезает.

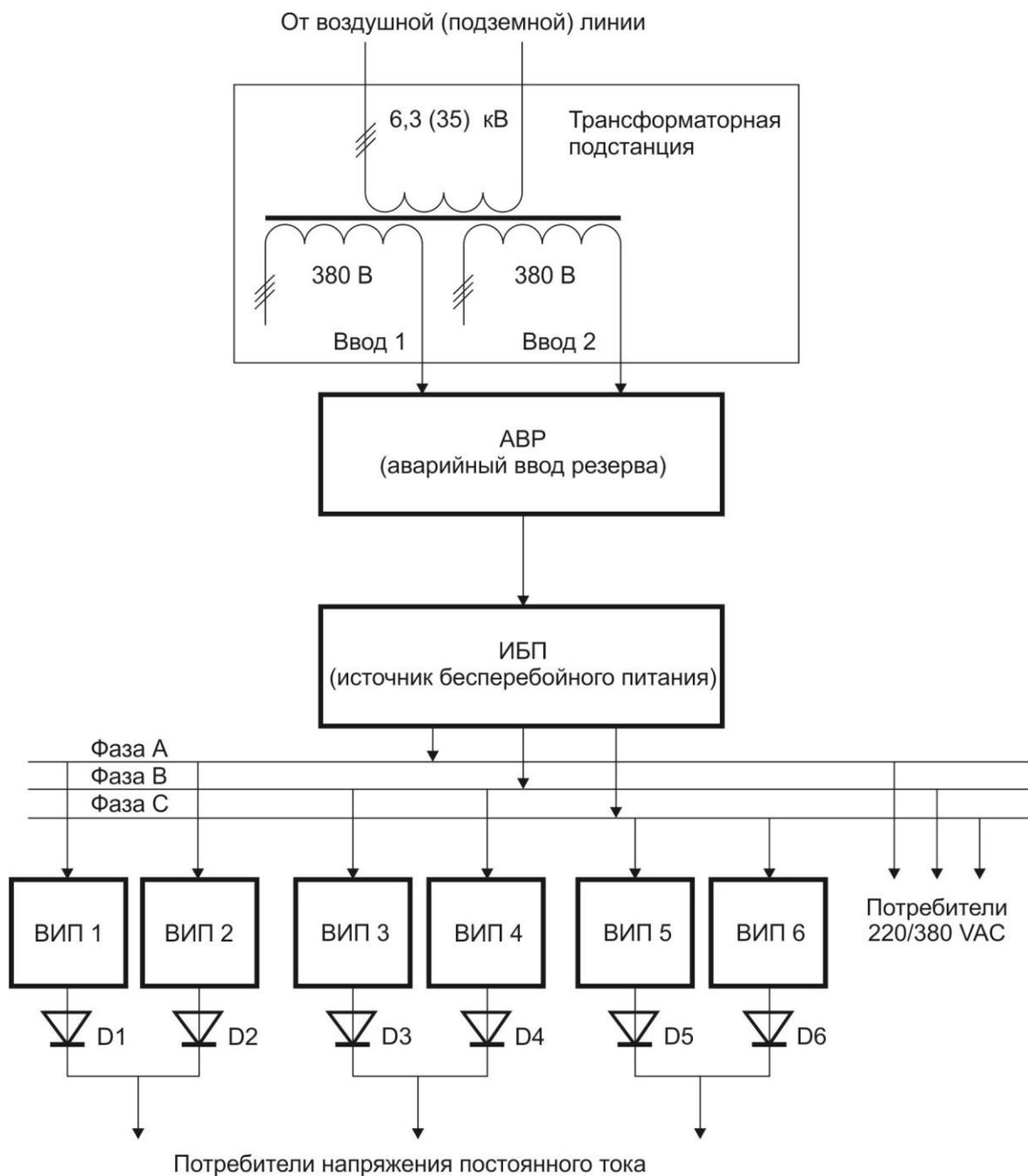


Рисунок 4.1 - Типовая система электроснабжения
АСУ ТП промышленного объекта. Вариант 1

Источники вторичного электропитания (ВИП), представленные на рисунке 4.1 для повышения надёжности включены попарно. Выходное напряжение таких источников обычно постоянное, например: 12/24/36/48 В. Их выходные напряжения объединены через диодную развязку. Диодная развязка исключает влияние источников друг на друга. Очень часто диод является частью электриче-

ской схемы источника электропитания или устанавливается в выходной цепи источника его производителем и, соответственно, необходимость дополнительного диода отпадает. Потребители переменного напряжения 220 В подключаются непосредственно к выходу ИБП через автоматические выключатели.

Недостатком схемы, представленной на рисунке 4.1, можно считать нерезервированный ИБП, нарушение работы которого может серьёзно понизить надёжность системы электропитания в аварийных режимах.

Вариант 2

Система электропитания АСУ ТП промышленного объекта напряжением 220/380 по варианту 2 представлена на рисунке 4.2.

Основное отличие системы электропитания, выполненной по варианту 2, заключается в резервировании каждого ввода до системы автоматического ввода резерва. Вторичные источники питания подключены к различным ИБП и объединены попарно.

Схема электроснабжения, представленная на рисунке 4.2, является типовым требованием к системам электропитания оборудования АСУ ТП в ЗАО «СИБУР Холдинг»

Рассмотрим вопрос резервирования источников постоянного тока подробнее. Как отмечалось ранее, основным видом резервирования напряжений постоянного тока является суммирование напряжений от различных источников через диодную развязку. Диодная развязка позволяет исключить влияние источников питания друг на друга. Рассмотрим случай, когда выходные напряжения источников ВИП1 (U_1) и ВИП2 (U_2) отличаются друг от друга ($U_1 > U_2$). Диодная развязка для источников постоянного тока реализует функцию «ИЛИ», в результате чего в точке 1 (рисунок 4.3а) появится наибольшее напряжение от всех подключенных к этой точке источников. Появление высокого напряжения в точке 1 приведёт к запиранию диода D2, на анод которого подано меньшее напряжение, чем на катод. В таком случае питание потребителей постоянного напряжения будет выполняться от одного источника ВИП 1 и, если выходная характеристика источника жесткая (хороший стабилизатор), то возможен тяжёлый режим работы для этого источника. При этом ВИП 2 работает на холостом ходу.

Для решения проблемы распределения нагрузки используют выравнивающие резисторы (см. рисунок 4.3б), которые включаются в цепь нагрузки источника и тем самым «смягчают» характеристику источника питания.

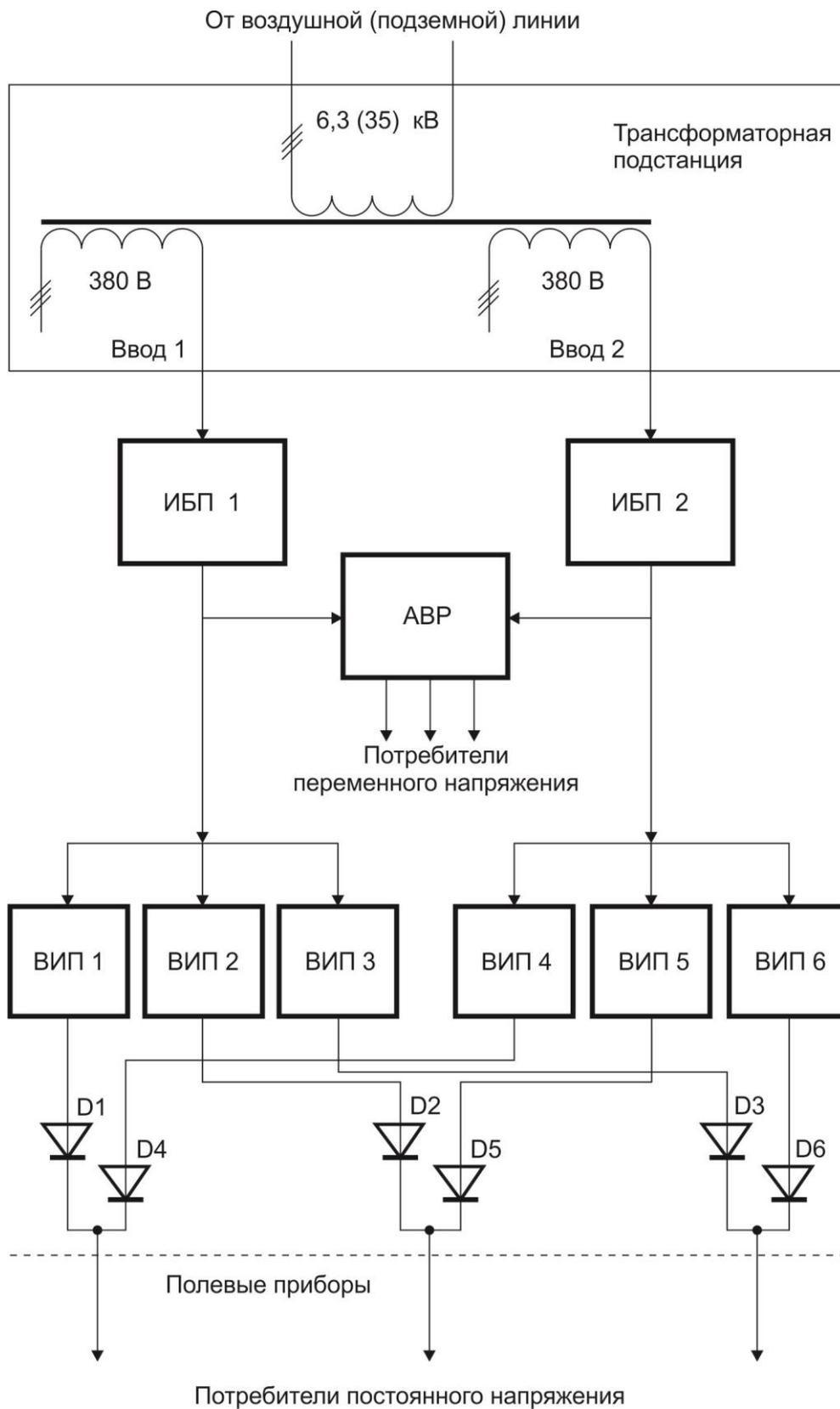


Рисунок 4.2 - Типовая система электроснабжения АСУ ТП промышленного объекта. Вариант 2

Наклон выходной характеристики ВИП 1 (участок 1-2 на рисунке 4.3в) обеспечивается за счет падения напряжения на выравнивающем резисторе. В точке 2, при условии дальнейшего увеличения тока, диод D2 открывается. Изменение наклона прямой на участке 2-3 происходит за счет перераспределения нагрузки между источниками.

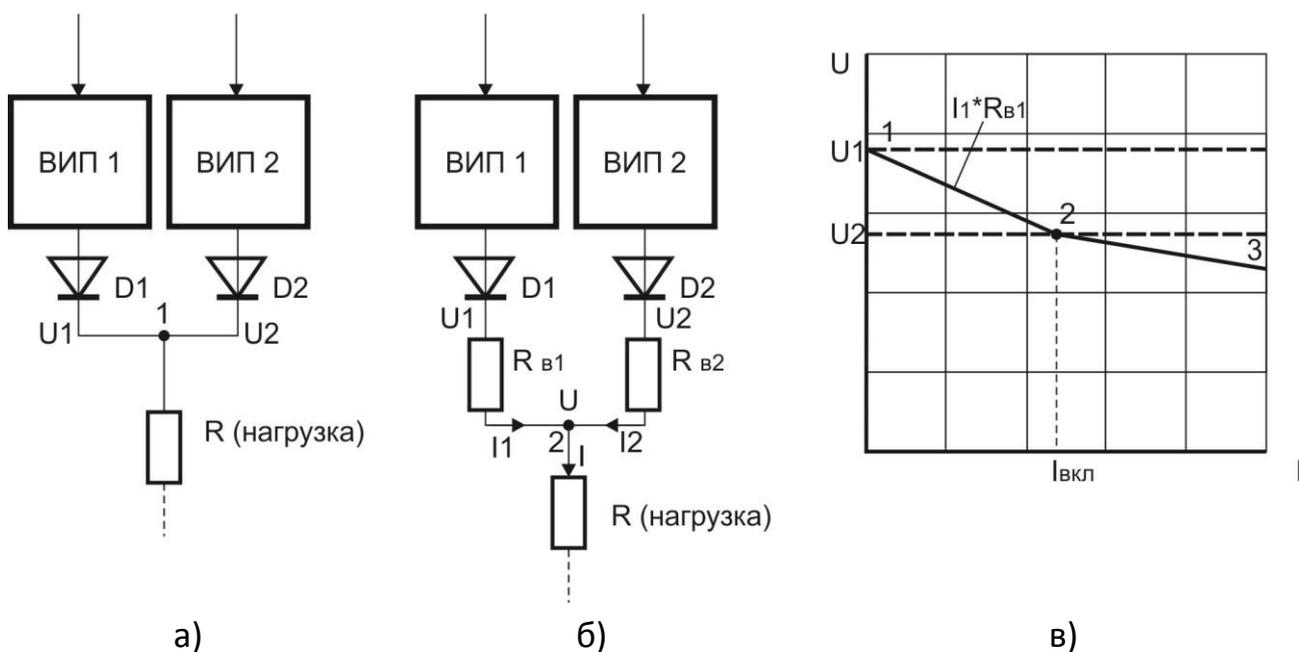


Рисунок 4.3 - Выравнивание токов в системах резервирования постоянного напряжения

5. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА

Системы автоматического ввода резерва обеспечивают переключение питания потребителя с неисправного источника электроснабжения на исправный. Эта задача должна решаться своевременно и надёжно. В связи с этим схемы ввода резерва, как правило, строятся на базе электромагнитных реле или аналогичных элементов.

На рисунке 5.1 приведена простейшая схема автоматического ввода резерва. Основным элементом, принимающим решение о переключении, является электромагнитное реле P1, один нормально разомкнутый контакт которого включен в цепь основного питания, а нормально замкнутый - в цепь резервного питания.

При наличии напряжения на обоих вводах и замкнутых автоматических выключателях SF1 и SF2, обмотка реле P1 находится под напряжением, контакт P1.1 замкнут, контакт P1.2 разомкнут, питание потребителей выполняется от ввода A1. При исчезновении напряжения на вводе A1 реле отпускает, P1.1 размыкается, контакт P1.2 замыкается, питание потребителей переключается на ввод A2. Время отсутствия напряжения на выходе A определяется быстродействием реле P1, а именно временем отпускания реле.

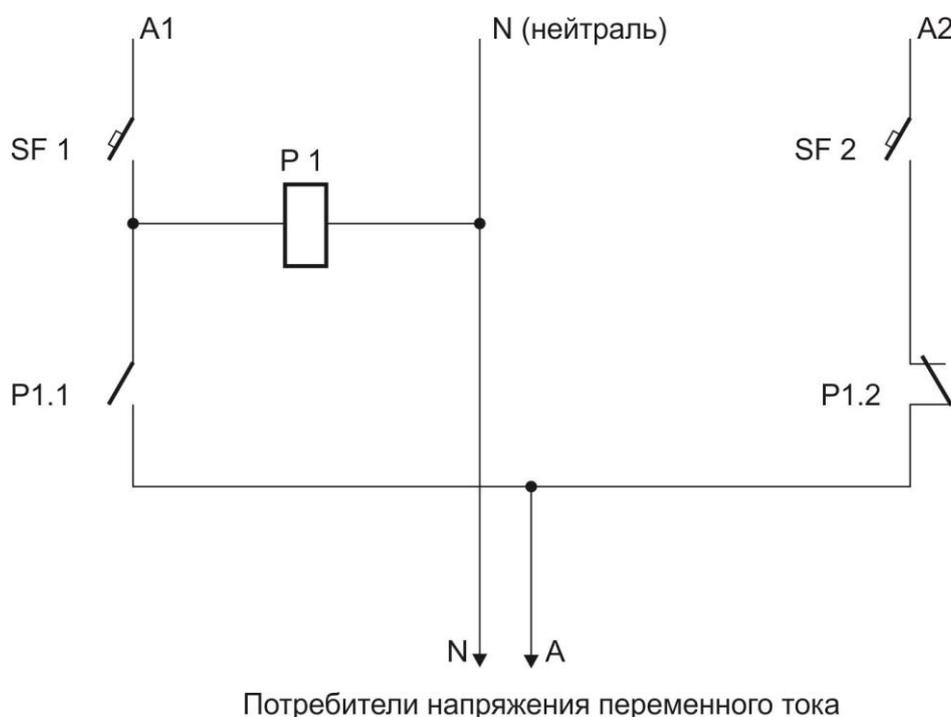


Рисунок 5.1 - Схема простейшего ввода аварийного резерва

При появлении напряжения на вводе А1, АВР автоматически возвращает электропитание на основной ввод, что приводит к дополнительным переключениям и в некоторых случаях является серьёзным недостатком.

Временная диаграмма переключения АВР, представленная на рисунке 5.2, справедлива для случая мгновенного исчезновения напряжения на одном из вводов. Гораздо хуже ситуация, когда происходит просадка напряжения на основном вводе (ввод, от которого происходит электропитание потребителя в настоящий момент). Это связано с особенностью работы электромагнитного реле.

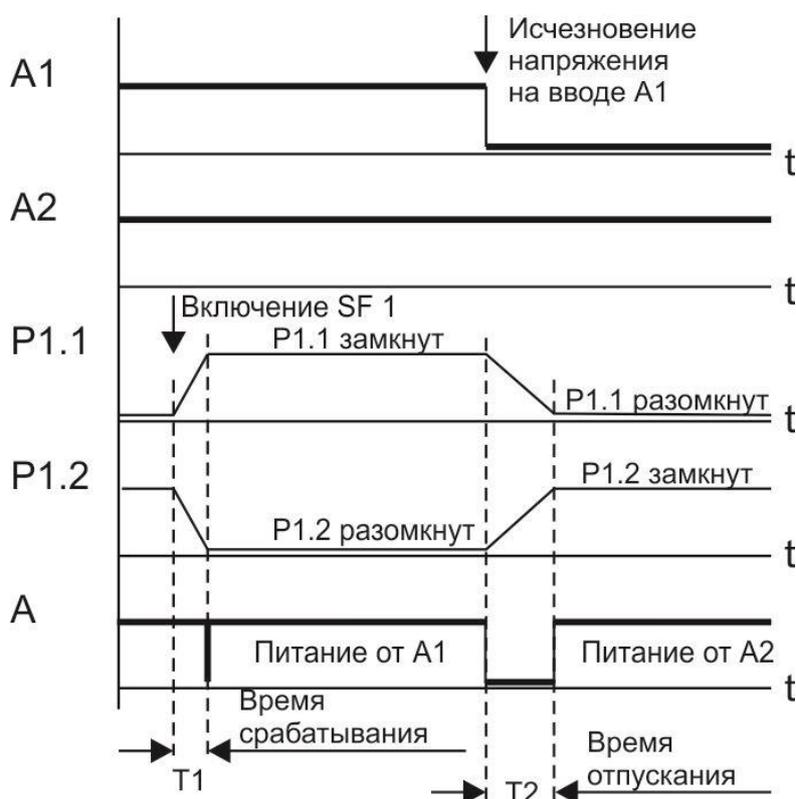


Рисунок 5.2 - Временные диаграммы переключения АВР

Одной из характеристик электромагнитного реле является коэффициент возврата, который определяется как отношение напряжения отпускания к напряжению срабатывания [2]. Для электромагнитных реле общего применения, реагирующих на повышение напряжения/тока, этот коэффициент находится в диапазоне 0,7 ... 0,8 (но может быть и меньше). Таким образом, если напряжение срабатывания реле 220 В переменного тока, то величина наихудшего значения напряжения отпускания составит 154 В. Это означает, что пока напряжение на вводе А1 не станет меньше 154 В переключения на резервный ввод не про-

изойдет. Будет ли достаточно такой величины напряжения на выходе А необходимо рассматривать для каждого потребителя индивидуально и принимать соответствующие меры.

Одним из самых нежелательных режимов работы схемы АВР, представленной на рисунке 5.1 является режим, при котором оба ввода оказываются подключенными к выходу. Такой режим возможен в случае залипания контакта Р1.1 при отпускании реле. Причиной залипания могут быть как механические неисправности, так и тяжелый электрический режим работы контактов реле. Тяжелый электрический режим работы связан либо с коммутацией больших токов, либо с индуктивным видом нагрузки, либо с тем и другим одновременно. При длительной коммутации больших токов происходит микросваривание поверхностей контактов, что существенно затрудняет и процесс размыкания. Если нагрузка индуктивная, то процесс размыкания может сопровождаться образованием дуги, которая часто приводит к свариванию контактов с последующим их разрушением. Дугообразование является самым нежелательным режимом работы контактов.

Вернемся к режиму, при котором оба ввода оказываются подключенными к выходу. В этом режиме возможен переток, протекание тока от одного источника через внутреннее сопротивление другого. Этот ток, ввиду малого внутреннего сопротивления источников, может достигать значительных размеров, что приведёт к срабатыванию автоматического выключателя и отключению исправного ввода от АВР.

На рисунке 5.3 представлена эквивалентная схема для пояснения режима перетока. При залипании контактов переток возможен в двух случаях:

- на основном вводе А1 исчезло напряжение;
- между напряжениями вводов имеется разность фаз, которая обеспечивает неравенство мгновенных напряжений.

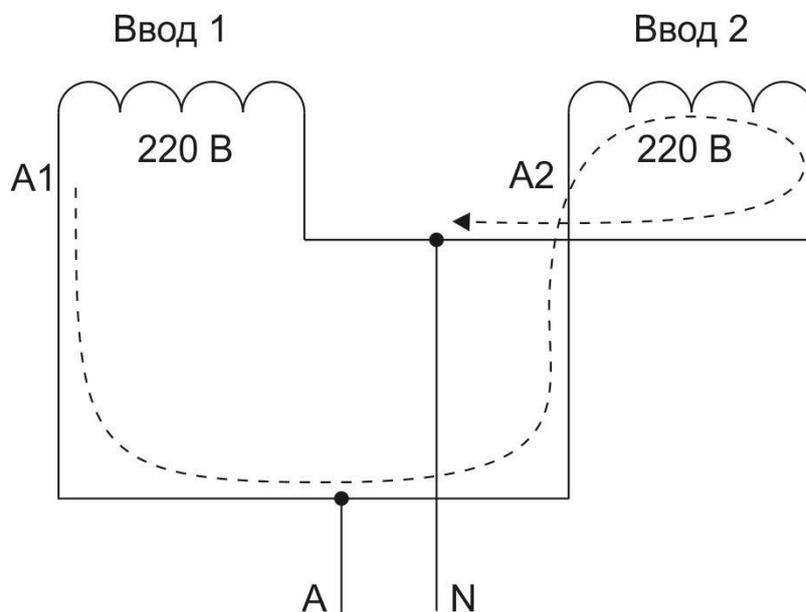
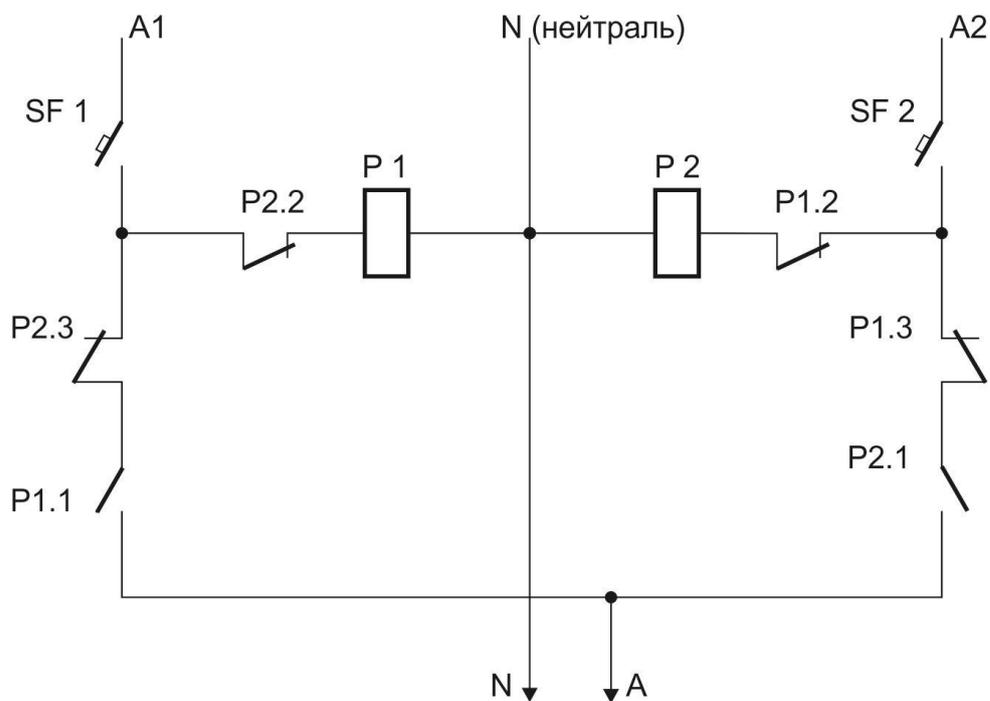


Рисунок 5.3 - Перетоки в АВР при одновременном замыкании контактов

На рисунке 5.4 представлена схема двухрелейного АВР, в которой сделана попытка исключить перетоки или понизить вероятность их возникновения за счет одновременной работы двух независимых контактных групп. В данной схеме исчезает понятие основного и резервного ввода, электроснабжение будет выполняться от того ввода, автоматический выключатель которого был включен первым. Все остальные переключения в данном АВР аналогичны предыдущему.

Схема двухрелейного АВР неоднократно использовалась в практических схемах электроснабжения АСУ ТП и показала высокую надёжность при правильном выборе электромагнитных реле.



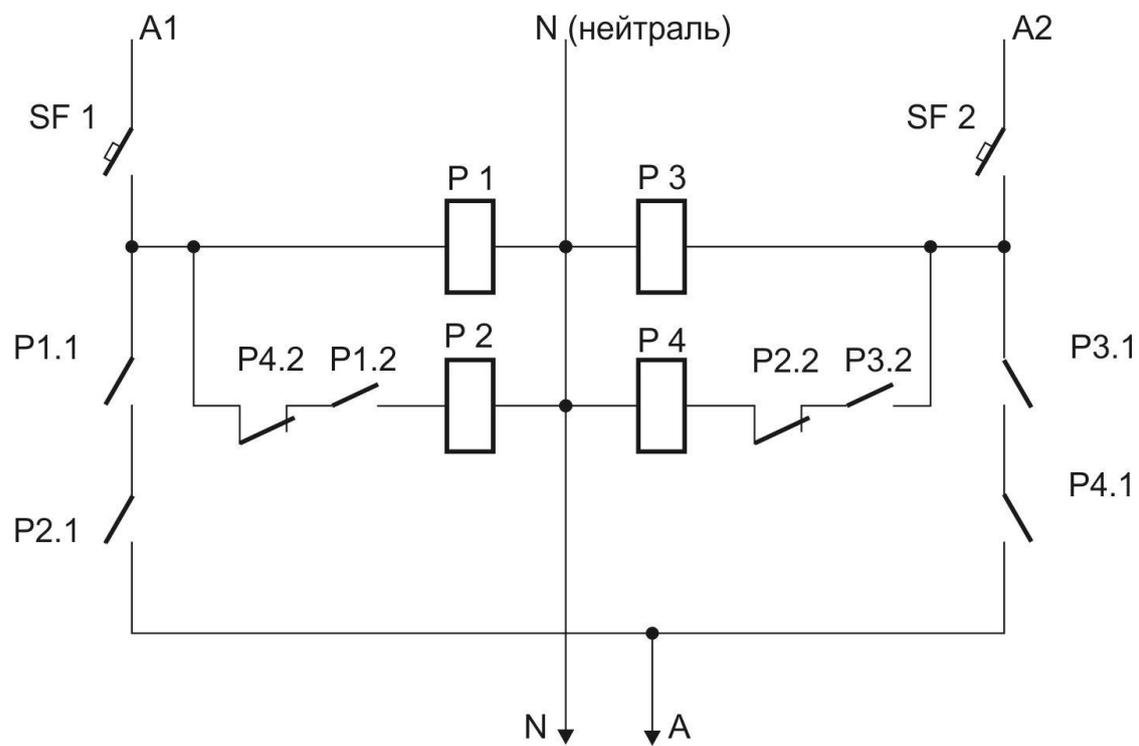
Потребители напряжения переменного тока

Рисунок 5.4 - Схема двухрелейного АВР

На рисунке 5.5 представлена схема четырёхрелейного АВР. Особенностью данной схемы является повышенная надёжность от залипания контактов, в том числе и за счет увеличения времени переключения.

Реле P1 и P3 выполняют функции дежурных элементов (реле контроля напряжения) и при наличии напряжения на вводе находятся в сработавшем состоянии, контакты P1.1, P1.2, P3.1 и P3.2 замкнуты. Реле P2 и P4 выполняют функции следящих элементов. При первом включении на выход A подаётся напряжение с входа, автомат которого был включен первым, т.е. понятие основного и резервного ввода также отсутствует. Последующие переключения выполняются как в двухрелейном АВР.

При правильном выборе электромагнитных реле схема четырёхрелейного АВР в практических схемах электроснабжения АСУ ТП показывает высокую надёжность.



Потребители напряжения переменного тока

Рисунок 5.5 - Схема четырёхрелейного АВР

6. АППАРАТУРА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Функциональная схема лабораторной установки представлена на рисунке 5.1, на котором введены следующие обозначения:

- ИП 1, 2 - источник питания;
- P 1,2,3,4 - электромагнитные реле с четырьмя группами контактов;
- HL - светодиодный индикатор;
- SF - автоматический выключатель;
- T - секундомер.

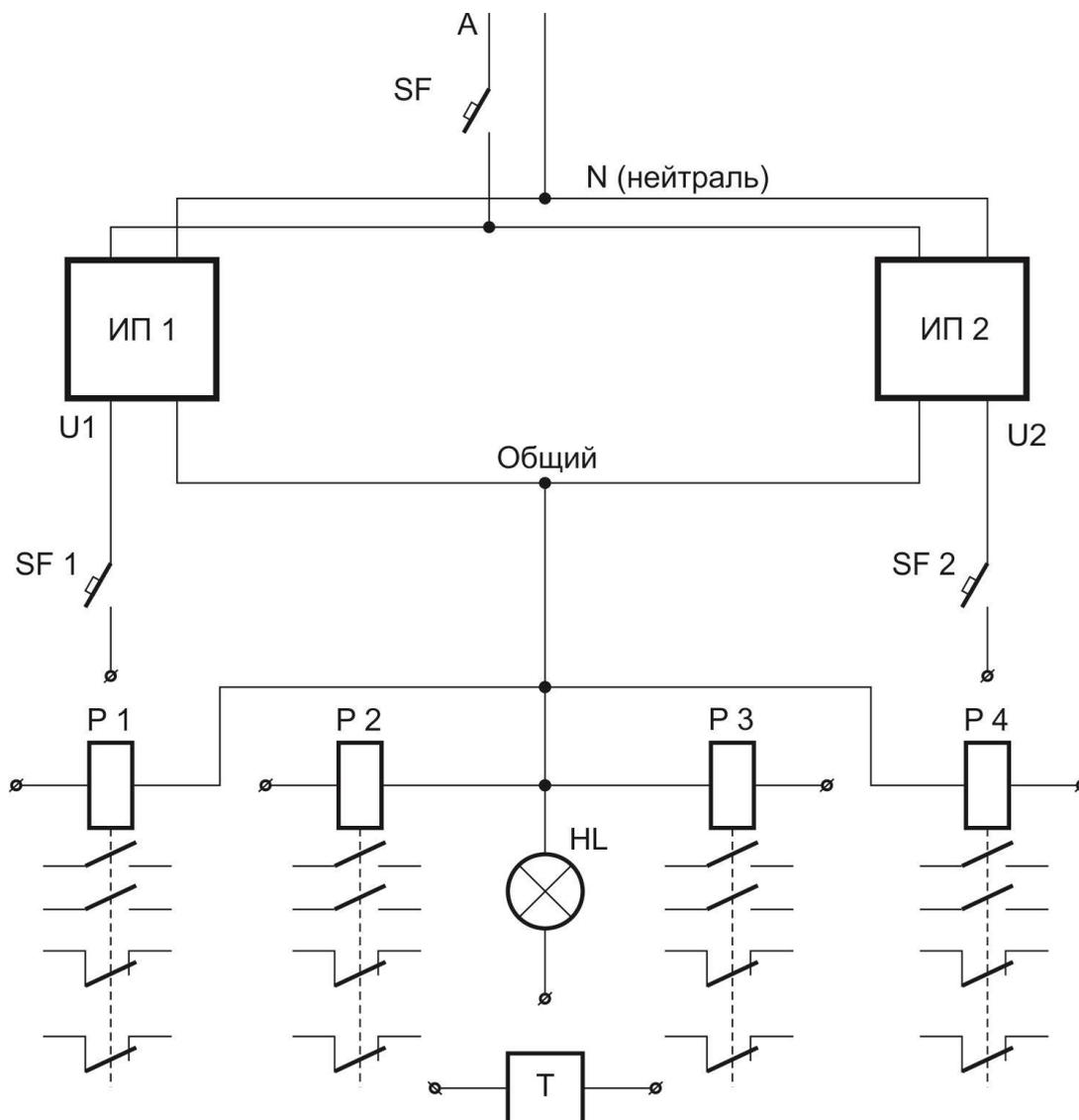


Рисунок 5.1 - Функциональная схема лабораторной установки

Работа установки.

В качестве двух независимых источников электропитания используются два источника питания ИП 1 и ИП 2, преобразующие переменное напряжение 220 В в постоянное напряжение 12 В. Далее вся работа выполняется с напряжением 12 В, полностью исключающим возможные поражения электрическим током. Работа выполняется коммутацией с помощью соединительных проводников заданных схем АВР на коммутационном поле и их исследованием.

Внешний вид лабораторной установки приведён на рисунке 5.2.

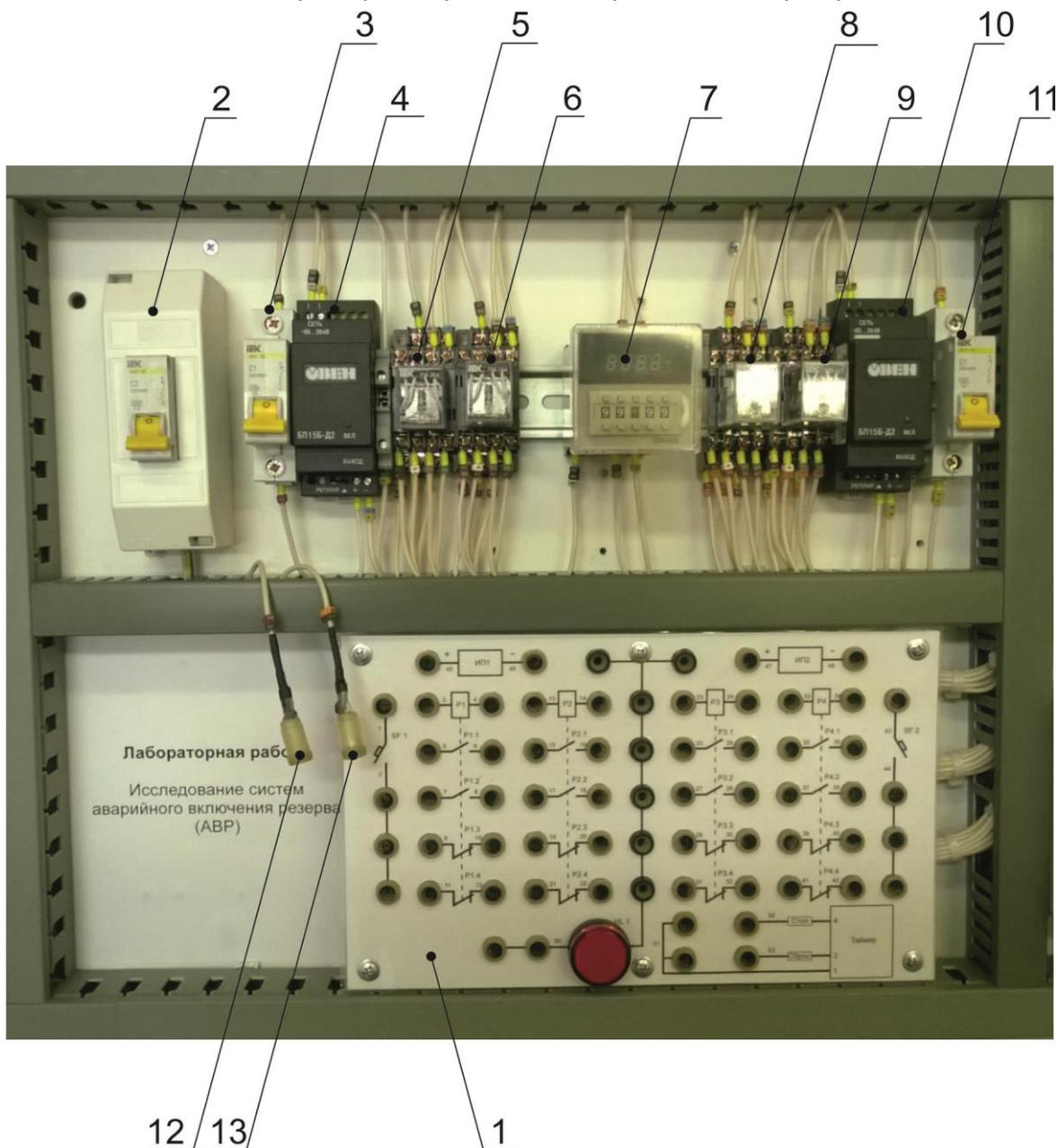


Рисунок 5.2 - Внешний вид лабораторной установки

1 - коммутационное поле; 2 - входной автоматический выключатель (SF); 3, 11 - автоматические выключатели SF1 и SF2 соответственно; 4, 10 - источники питания постоянного напряжения 12 В ИП1 и ИП2 соответственно; 5,6,8,9 - электромагнитные реле P1,P2, P3, P4 соответственно, 7 - секундомер; 12,13 - клеммы

7. ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

- 1 Изучите теоретическую часть настоящих методических указаний к выполнению лабораторной работы.
- 2 Ознакомьтесь с электрической и механической схемами установки.
- 3 Изучите расположение элементов системы на стенде.
- 4 Ознакомьтесь с техническими характеристиками приборов и органами управления, расположенными на стенде.
- 5 Опробуйте работу стенда:
 - подключите поочерёдно ИП 1 и ИП2 к светодиодному индикатору, убедитесь в том, что источники генерируют необходимое для загорания индикатора напряжение;
 - проверьте работу секундомера, для этого замкните цепь «сброс» и убедитесь в том, что показания прибора обнулились; удалите перемычку цепи «сброс» и замкните цепь «стоп», убедитесь в том, что счет времени остановлен.
- 6 Исследование системы автоматического ввода резерва по постоянному току.
 - 6.1 Подключите первый источник напряжения ИП 1 через автоматический выключатель SF1 по цепи «а1-в1» к индикатору. Измерьте ток, протекающий в цепи.

Внимание! Клемма «в1» источника ИП1 и «в2» источника ИП2 на стенде имеют позиции 12, 13 соответственно и находятся вне монтажного поля.
 - 6.2 Аналогично подключите второй источник напряжения ИП 2 через автоматический выключатель SF2 по цепи «а2-в2» к индикатору. Измерьте ток аналогично п. 6.1.
 - 6.3 Подключите оба источника к индикатору. Амперметр включите в цепь первого источника. Включите поочерёдно SF1, затем SF2. Объясните причину поведения тока, а именно возможное изменение величины и направления.
 - 6.4 Включите амперметр в цепь второго источника. Замыкайте поочерёдно SF2, затем SF1. Объясните причину поведения тока.
 - 6.5 Повторите эксперименты 6.1-6.4 для цепей а1-б1 и а2-б2.

6.6 Рассчитайте величины выравнивающих резисторов для случая равнонагруженных источников питания. Исходные данные для расчета выбрать в соответствии с вариантом. Для пояснения обозначений и расчета использовать рисунок 4.3.

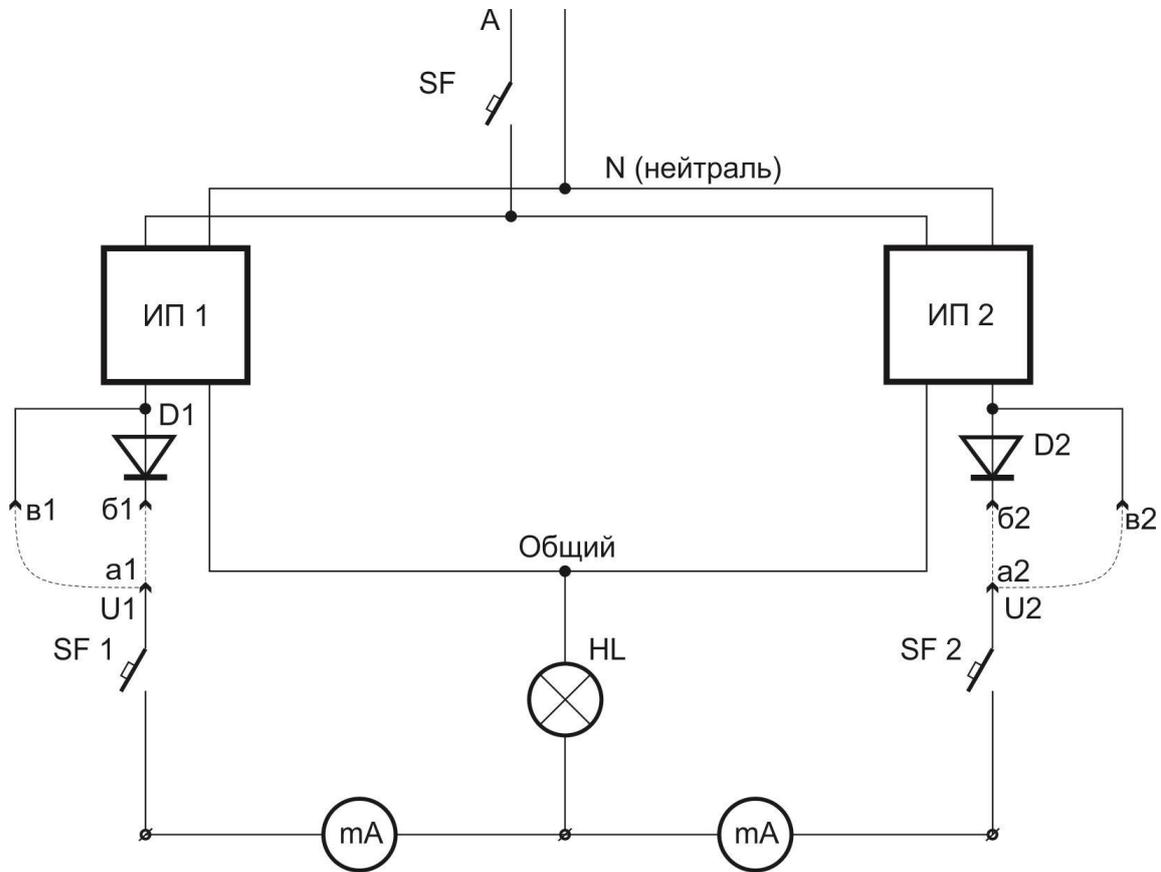


Рисунок 6.1 - Суммирование напряжений по постоянному току

Таблица – Варианты заданий

Вариант	Выход ИП1, U1, В	Выход ИП2, U2, В	Напряжение в т. 2, U, В	Ток в нагрузке, I, А
1	16	14	12	4
2	18	14	13	10
3	26	28	24	8
4	11	9	7	2
5	12	14	10	8

7 Исследование схемы однорелейного автоматического ввода резерва.

7.1 Выключите все автоматические выключатели!

7.2 На монтажном поле соберите однорелейный АВР на базе реле Р1 (см. рисунок 5.1, схема соединений в Приложении), приняв ИП1 за основной источник питания.

- 7.3 Включите стенд, начав с основного выключателя SF, затем включите SF1, затем SF2.
 - 7.4 Отключите ИП1 (SF1), через несколько секунд включите. Обратите внимание на состояние и поведение реле P1.
 - 7.5 Выключите SF2. По временной диаграмме определите время переключения с одного источника питания другой (рисунок 5.2).
 - 7.6 Сделайте выводы о проведённых исследованиях.
- 8 Исследование схемы многорелейного автоматического ввода резерва.
- 8.1 Выключите все автоматические выключатели!**
 - 8.2 На монтажном поле соберите схему АВР в соответствии с вариантом.

Таблица – Варианты заданий

Вариант	Количество реле в схеме АВР
1	2
2	4
3	2
4	4
5	2

- 8.3 Проверьте работу схемы поочерёдным включением и отключением источников энергии. Убедитесь в работоспособности схемы.
- 8.4 Придумайте и сформулируйте (формализуйте) эксперимент, подтверждающий факт формального равенства (равнозначности) источников питания.
- 8.5 Постройте временную диаграмму работы АВР в соответствии с вариантом и определите время переключения.
- 8.6 Подключите секундомер и измерьте время переключения (время отсутствия напряжения на выходе АВР).

Как работает секундомер

Схема подключения секундомера ARCOM-DH48S приведена на рисунке 6.2.

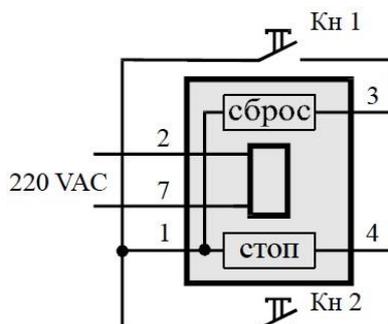


Рисунок 6.2 – Схема подключения таймера

Точность измерения времени составляет 0,01 сек. При разомкнутых цепях «Стоп» и «Сброс» секундомер считает реальное время. При наличии сигнала «Стоп» (контакт Кн1 замкнут) счет останавливается. При наличии сигнала «Сброс» (контакт Кн2 замкнут) показания секундомера сбрасываются в нуль. Кнопка «Сброс» имеет приоритет перед кнопкой «Стоп».

При подключении секундомера используйте только нормально разомкнутые контакты и внимательно проанализируйте их назначение (стоп/сброс)

8.7 Сделайте выводы о проведенных исследованиях.

8. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Отчёт выполняется один на подгруппу.

Отчёт должен быть оформлен в соответствии с установленными правилами и содержать следующее.

- 1 Титульный лист с указанием номера и названия работы, фамилии студентов, выполнивших работу, дату выполнения.
- 2 Цель работы.
- 3 Электрическую схему стенда.
- 4 Необходимые таблицы, расчёты, графики и выводы по работе.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.

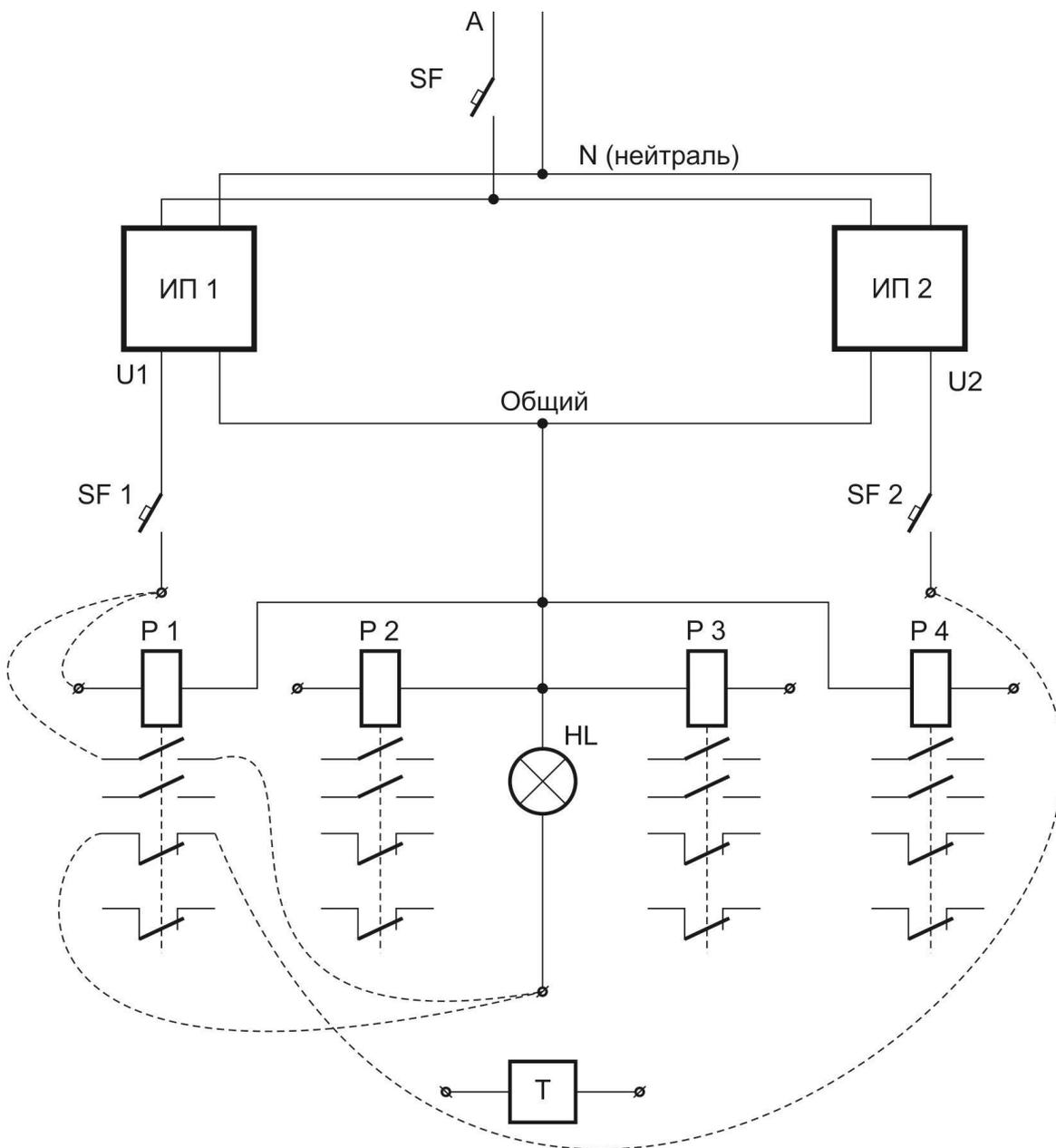
9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Чем опасно залипание контактов при переключении АВР?
- 2 В каком случае при наличии напряжений на обоих вводах и залипании контактов перетоков не будет?
- 3 Чем опасны перетоки.
- 4 Объясните причину перетока при наличии фазового сдвига между напряжениями источников питания

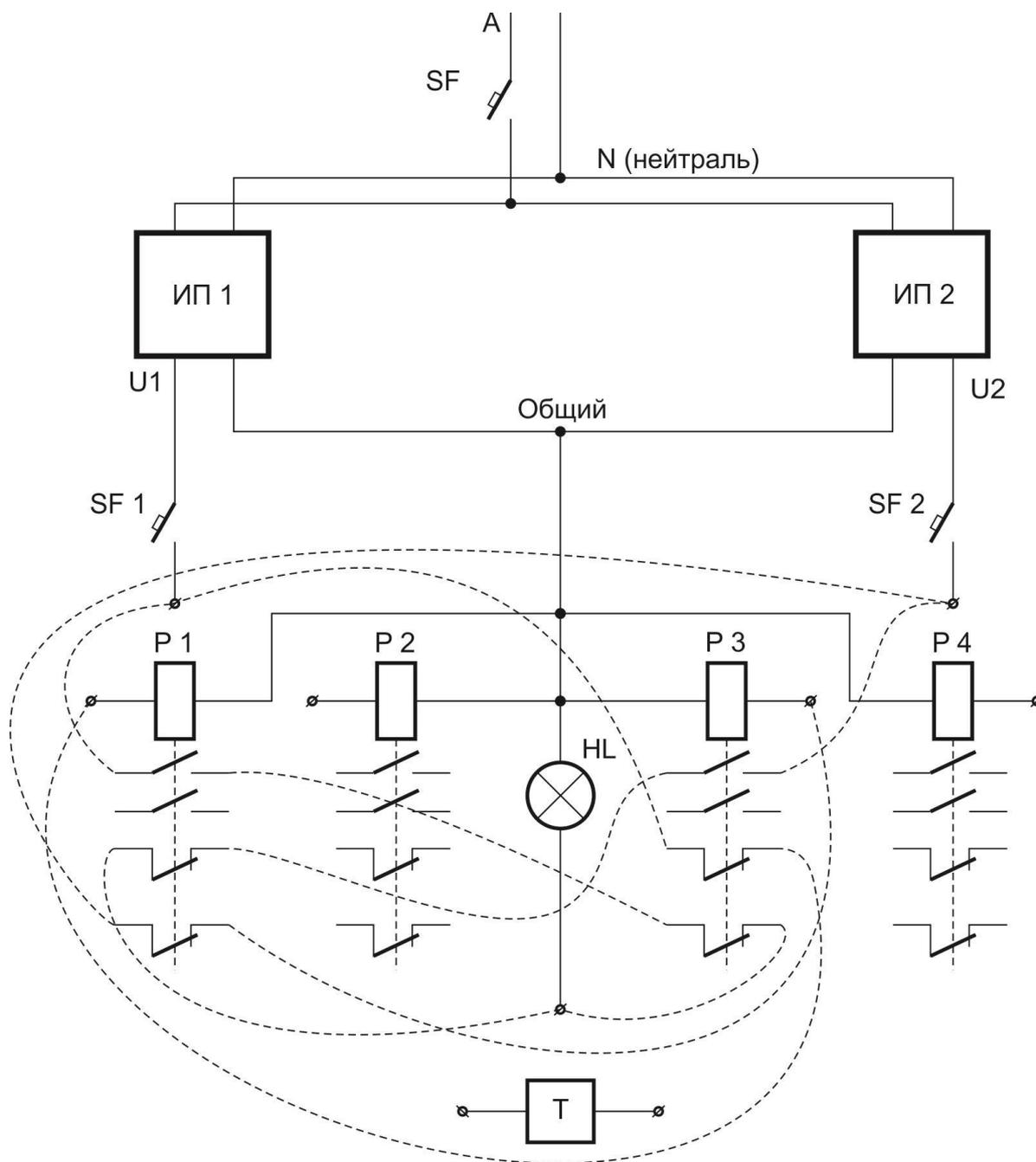
10. ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7, 3-й выпуск. - Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2006. - 854 с, ил.
2. Электромагнитные устройства автоматики: Учебник для ВУЗов. - М: Высш. Школа, 1983. - 408 с., ил.

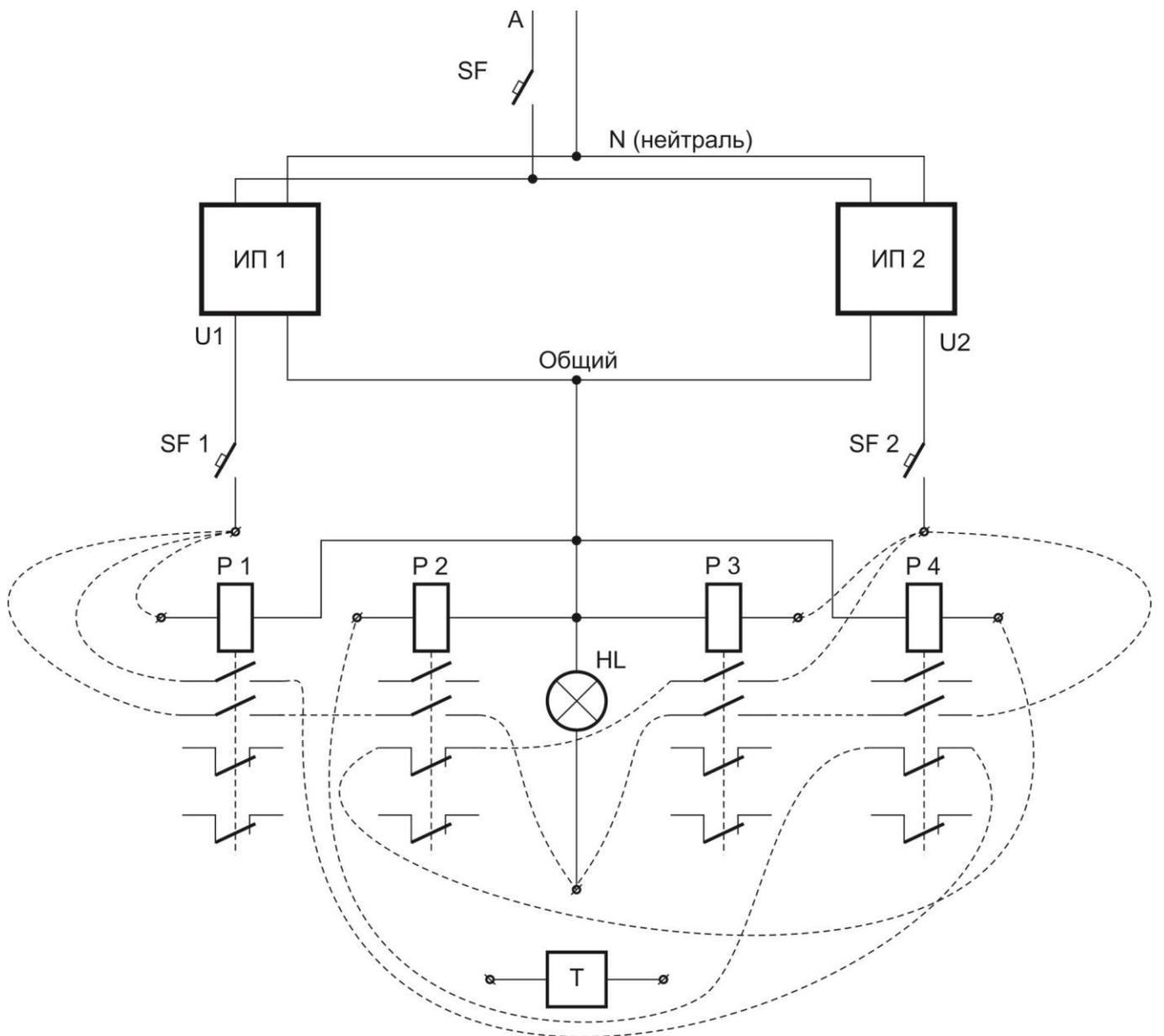
Схемы АВР



Однорелейный АВР



Двухрелейный АВР



Четырёхрелейный АВР

Для замечаний

Автоматический ввод резерва

Методические указания к выполнению лабораторной работы

Составитель Курганов Василий Васильевич

Подписано к печати «__»_____ 2021 г.

Формат 60x84-16. Бумага «Классика»

Печать RISO. Усл. печ. л. 1.16. Уч. – изд. л. 1.05.

Заказ № _____ . Тираж 10 экз.

	<p>Томский политехнический университет Система менеджмента качества Томского политехнического университета сертифицирована NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000</p>	
<p>ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.</p>		