

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра «Электроснабжения сельского хозяйства»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Устройства защиты в системах автоматики**

**Направление подготовки (специальность): 27.03.04 «Управление в технических системах»**

**Профиль образовательной программы: Системы и средства автоматизации технологических процессов**

**Форма обучения: очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1 Основные понятия курса. Цели и задачи дисциплины.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция №2,3 Автоматическое включение машин.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Лекция № 4,5 Автоматическое регулирование параметров режима электроэнергетических систем.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Лекция № 6 Виды реле.....</b>	<b>8</b>
<b>1.5 Лекция № 7,8,9 Основные понятия и виды релейных защит.....</b>	<b>10</b>
<b>1.6 Лекция №10 Противоаварийная автоматика систем электроснабжения.....</b>	<b>12</b>
<b>1.7 Лекция № 11 Схемы учёта, управления и сигнализации.....</b>	<b>13</b>
<b>2. Методические указания по проведению семинарских занятий .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Семинарское занятие № С-1 Элементы и системы автоматики.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Семинарское занятие № С-2,3 Классификация автоматических систем управления.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Семинарское занятие № С-4,5 Виды релейных защит.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Семинарское занятие № С-6,7,8 Релейная защита отдельных элементов систем электроснабжения.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Семинарское занятие № С-9,10 Автоматическое регулирование параметров режима электроэнергетических систем.....</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Семинарское занятие № С-11,12,13 Противоаварийная автоматика систем электроснабжения.....</b>	<b>19</b>
<b>2.7 Семинарское занятие № С-14,15,16 Схемы учёта, управления и сигнализации.</b>	<b>19</b>

# **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

## **1. 1 Лекция №1 (2 часа).**

**Тема: «Основные понятия курса. Цели и задачи дисциплины»**

### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1. Основные понятия курса
2. Цели и задачи дисциплины;
3. Основные понятия и определения автоматики.
4. Основные этапы процесса автоматизации электроэнергетики.

### **1.1.2 Краткое содержание вопросов:**

1. В наше время принято говорить, что человечество вступило в эпоху «А»: атома (атомной энергии), авиации, автомобиля, автоматики. Уже это свидетельствует о том чрезвычайном положении, которое занимает автоматическое управление в современной жизни. Автоматизация производственных установок повышает экономические показатели производства, машин, облегчает условия работы, его производительность и т.д. Да и достижение в области исследования атома, авиации, космосе во многом определенные успехами в области теории и практики автоматического управления. Поэтому в современных условиях знания основ теории автоматического управления и ее методов становится почти обязательным для самых широких кругов инженеров всех специальностей.

Автоматика, автоматическое управление в принципе представляет собой не технические изобретения, а явление природы. Оно является существенной предпосылкой существования жизни на Земле. Так, живые существа имеют органы чувств, которые контролируют состояние внешнего среды и так влияют на управляющие органы, чтобы те противодействовали каждому нарушению. Образованный таким способом замкнутая цепь влияний поддерживается сам собой. Благодаря такой цепи мы можем стоять и двигаться, сохраняя равновесие: температура нашего тела поддерживается постоянной так, что ни жар, ни холод окружающего среды не могут ее изменить. При внимательном рассмотрении в этих цепях управления можно выделить отдельные звенья, элементы. Так, нервы, их окончания на поверхности тоже выполняют роль датчиков для восприятия температуры. Центральная нервная система бессознательно воспринимает увеличение или уменьшение температур тела и служит для изготовления командующих сигналов мускулам для усиления или послабления процессов в теле. То есть мускулы, в сущности говоря, являются исполнительными органами, а управление собственно говоря сводится к управлению химико-биологическими процессами в живом организме, состояние которых оценивается по температуре тела. Собственно, автоматикой есть получения информации о состоянии среды, превращение ее в сигналы передачи к элементу, в котором определяется направление, характер и степень влияния на исполнительные устройства. Рассмотренная цепочка управления можно сказать и при изучении социальных, экономических вопросов, при ведении технологических, теплотехнических процессов и т.д.

2. Основная задача автоматического управления составляется в бытовом учете управляемого процесса и величин, которые определяют его характер, а потом в выборе управляющих влияний.

3 Понятие автоматики, автоматического управления постоянно расширяется и углубляется и для него существуют разные определения. Наверное, наиболее полное с них рекомендовано АН СССР. Согласно этому определению, термин «автоматика» означает область науки и техники, которая охватывает совокупность технических средств и методов, которые обеспечивают высвобождение человека от непосредственного участия в производственном процессе, в части контроля и управление процессами, путем

установления соответствующих связей между машинами (устройствами), что осуществляют этот процесс.

Наряду этим сроком широко существует другой - кибернетика, который представляет более широкое понятие, которое включает автоматику как некоторую часть. Кибернетика занимается изучением систем любой природы, способных воспринимать, охранять и перерабатывать информацию и использовать ее для управления. По определению Н. Винера, «Кибернетика - наука о самоуправляющихся системах и образовании: машинах, организме, обществе».

Автоматика, автоматизация производственных, технологических, тепловых процессов строится на основе теории автоматического управления (ТАУ).

Дистанционное управление включает в себя методы и технические средства управления установками и сосредоточенными объектами на расстоянии. Импульсы на управление (команды) подаются обслуживающим персоналом по электрическим соединительным проводам при помощи соответствующих кнопок, ключей и другой командной аппаратуры.

Автоматическое управление включает в себя комплекс технических средств и методов по управлению объектами без участия обслуживающего персонала: пуск и остановку основных установок, включение и отключение вспомогательных устройств, обеспечение безаварийной работы, соблюдение требуемых значений параметров в соответствии с оптимальным ходом технологического процесса и т. д.

Автоматическая защита представляет собой совокупность технических средств, которые при возникновении ненормальных и аварийных режимов либо прекращают контролируемый производственный процесс (например, отключают определенные участки электроустановки при возникновении на них коротких замыканий), либо автоматически устраняют ненормальные режимы. Автоматическая защита воздействует на органы управления и оповещает обслуживающий персонал об осуществленной операции. Защиту, выполненную на основе реле, называют релейной. Релейная защита широко применяется на электрических станциях, подстанциях, в сетях и различных электроустановках. Автоматическая защита включает в себя также автоблокировку. Устройства автоблокировки в основном предназначены для предотвращения неправильных включений и отключений и ошибочных действий обслуживающего персонала; тем самым они предупреждают возможные повреждения и аварии.

## **1. 2 Лекция №2,3 (4 часа).**

**Тема: «Автоматическое включение машин»**

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Общие сведения;
2. Способы и условия включения синхронных генераторов на параллельную работу;
3. Автоматическое включение синхронных генераторов способом самосинхронизации;
4. Автоматическое включение синхронных электродвигателей.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Включение синхронных машин в сеть на параллельную работу производят либо способом точной синхронизации, либо способом грубой синхронизации, который для генераторов обычно называют способом самосинхронизации, а для синхронных компенсаторов и двигателей асинхронным пуском. Иногда для синхронных машин применяют также частотный пуск, а для генераторов и несинхронное включение.
2. Способ точной синхронизации

Этот способ используют при включении в сеть синхронных генераторов. Он состоит в том, что генератор сначала разворачивают турбиной до частоты вращения, близкой к синхронной, а затем возбуждают и при определенных условиях включают в сеть. Условиями, необходимыми для включения машины, являются: 1) равенство напряжений включаемого генератора и работающего генератора или сети; 2) совпадение фаз этих напряжений; 3) равенство частот включаемого генератора и работающего генератора или сети. Первое условие обеспечивается путем регулирования тока возбуждения машины, а для выполнения второго и третьего условий необходимо изменение вращающего момента на ее валу, что достигается изменением количества пара или воды, пропускаемых через турбину.

Выполнение условий точной синхронизации может быть осуществлено вручную или автоматически. При ручной синхронизации все операции по регулированию возбуждения и подгонке частоты выполняет дежурный персонал, а при автоматической синхронизации — автоматические стройства. Применяется также ручная синхронизация с автоматическим контролем синхронизма, который запрещает включение выключателя синхронизируемой машины при несоблюдении условий синхронизации. При точной ручной синхронизации напряжения и частоты контролируют по установленным на щите управления двум вольтметрам и двум частотомерам, а сдвиг по фазе напряжений - по синхроноскопу; последний позволяет не только уловить момент совпадения фаз напряжений, но также определить, вращается ли включаемый генератор быстрее или медленнее, чем работающие. Указанные приборы объединяют в так называемую «колонку синхронизации». Вольтметр и частотомер, относящиеся к синхронизируемому генератору, подключают к его трансформатору напряжения, а вольтметр и частотомер, относящиеся к работающим генераторам (или сети), обычно подключают к трансформатору напряжения сборных шин станции. Синхроископ подключают одновременно к обоим трансформаторам напряжения.

При соблюдении всех вышеуказанных условий разность напряжений генератора и сети равна нулю, поэтому уравнительного тока между включенным и другими генераторами не возникает. Точной ручной синхронизации свойственны следующие недостатки: 1) сложность процесса включения из-за необходимости подгонки напряжения по модулю и фазе, а также частоты генератора; 2) большая длительность включения — от нескольких минут в нормальном режиме до нескольких десятков минут при авариях в системе, сопровождающихся изменением частоты и напряжения, когда особенно важно обеспечить быстрое включение генератора в сеть; 3) возможность механических повреждений генератора и первичного двигателя при включении агрегата с большим углом опережения.

#### Способ самосинхронизации

Он исключает необходимость точной подгонки частоты и фазы напряжения включаемой синхронной машины. Последнюю разворачивают до частоты вращения, незначительно отличающейся от синхронной (с точностью до нескольких процентов), и невозбужденной включают в сеть. При этом обмотку возбуждения замыкают на разрядный резистор, используемый при гашении поля (см. рис. 20.14), либо на специально предусмотренный для этой цели резистор (см. рис. 20.16 и др.), либо на якорь возбудителя, чтобы избежать появления в обмотке возбуждения напряжений, опасных для ее изоляции. После включения генератора в сеть подается импульс на включение АГП и машина возбуждается.

В момент включения невозбужденной синхронной машины в сеть имеет место бросок тока статора и снижение напряжения в сети [20.3]. Однако ток и соответствующая электродинамическая сила (она пропорциональна квадрату тока) меньше, чем при КЗ на выводах генератора. Это объясняется тем, что ток статора в момент включения определяется только напряжением сети  $U_c$  (так как генератор не возбужден и его ЭДС равна нулю), которое меньше ЭДС нормального режима, и суммарными

сопротивлениями  $X^d$  и  $X^q$ , которые больше соответствующих сопротивлений генератора  $X^d$  и  $X^q$  за счет сопротивлений сети. Кроме того, при самосинхронизации затухание свободных периодических составляющих тока происходит быстрее, чем при КЗ, так как в первом случае ротор замкнут на разрядный резистор. Поэтому даже ошибочное включение машины в сеть с большим скольжением, когда продолжительность действия повышенных токов достаточно велика, не представляет опасности.

### 3 Частотный пуск

При частотном пуске обмотку статора пускаемой синхронной машины соединяют электрически со статором другой синхронной машины, частота вращения которой может плавно изменяться от нуля до синхронной. Ее мощность должна составлять не менее 30 — 50% мощности пускаемой электрической машины.

Частотный пуск выполняют в следующей последовательности. Пускаемую и развертываемую электрические машины подключают к отдельной системе шин (непосредственно или через трансформатор) и при неподвижном состоянии машин их возбуждают от посторонних источников или от резервного возбудителя. У развертываемой электрической машины устанавливают номинальный ток возбуждения, а у пускаемой — такой, чтобы ЭДС холостого хода при синхронной частоте вращения была примерно в 2 раза меньше номинального напряжения. Это обеспечивает образование в пускаемой машине наибольшего возможного электромагнитного момента. Затем постепенно увеличивают частоту вращения развертываемой электрической машины и, следовательно, частоту напряжения, подводимого к пускаемой электрической машине. Электромагнитный момент, возникающий при этом в пускаемой машине, начинает плавно ускорять ее ротор. При достижении обеими машинами номинальной частоты вращения их обмотки возбуждения переключают на собственное (рабочее) возбуждение, после чего обе машины могут быть включены в сеть методом точной синхронизации. Для предотвращения перегрева обмотки возбуждения частотный пуск должен быть начат сразу же после подачи возбуждения (так как при неподвижном состоянии отсутствует вентиляция). Он обычно продолжается около 3 мин.

Частотный пуск нашел применение для включения синхронных компенсаторов и реже — синхронных генераторов.

## 1. 3 Лекция №4,5 (4 часа).

**Тема: «Автоматическое регулирование параметров режима электроэнергетических систем»**

### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Устройства автоматического регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности;
2. Основные задачи автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности;
3. Функции автоматических регуляторов возбуждения (АРВ) генераторов в энергосистемах;
4. Токовое компаундирование;
5. Фазовое компаундирование синхронных машин.

### 1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Устройства автоматического регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности предназначены для:

поддержания напряжения в электроэнергетической системе и у электроприемников по заданным характеристикам при нормальной работе электроэнергетической системы;

распределения реактивной нагрузки между источниками реактивной мощности по заданному закону;

повышения статической и динамической устойчивости электрических систем и демпфирования колебаний в переходных режимах.

2. Синхронные машины (генераторы, компенсаторы, электродвигатели) должны быть оборудованы устройствами АРВ. Автоматические регуляторы возбуждения должны соответствовать требованиям ГОСТ на системы возбуждения и техническим условиям на оборудование систем возбуждения.

Для генераторов и синхронных компенсаторов мощностью менее 2,5 МВт, за исключением генераторов электростанций, работающих изолированно или в энергосистеме небольшой мощности, допускается применять только устройства релейной форсировки возбуждения. Синхронные электродвигатели должны быть оборудованы устройствами АРВ.

3. Должна быть обеспечена высокая надежность питания АРВ и других устройств системы возбуждения от трансформаторов напряжения, а также высокая надежность соответствующих цепей.

При подключении АРВ к трансформатору напряжения, имеющему предохранители на первичной стороне:

АРВ и другие устройства системы возбуждения, потеря питания которых может привести к перегрузке или недопустимому снижению возбуждения машины, должны присоединяться к их вторичным выводам без предохранителей и автоматических выключателей;

устройство релейной форсировки должно выполняться так, чтобы исключалась возможность его ложной работы при перегорании одного из предохранителей с первичной стороны трансформаторов напряжения.

При подключении АРВ к трансформатору напряжения, не имеющему предохранителей на первичной, стороне:

АРВ и другие устройства системы возбуждения должны присоединяться к их вторичным выводам через автоматические выключатели;

должны быть предусмотрены мероприятия по использованию вспомогательных контактов автоматического выключателя, исключающие перегрузку или недопустимое снижение возбуждения машины в случае отключения автоматического выключателя.

К трансформаторам напряжения, к которым подключаются АРВ и другие устройства системы возбуждения, как правило, не должны присоединяться другие устройства и приборы. В отдельных случаях допускается присоединение этих устройств и приборов через отдельные автоматические выключатели или предохранители.

Устройства АРВ гидрогенераторов должны быть выполнены так, чтобы в случае сброса нагрузки при исправном регуляторе скорости исключалось срабатывание защиты от повышения напряжения. При необходимости устройство АРВ может быть дополнено релейным устройством быстродействующего развозбуждения.

4. Принцип компаундирования синхронных генераторов заключается в дополнительной подпитке обмотки возбуждения возбудителя током статора генератора, выпрямленным в твердом выпрямителе.

Компаундирование возбуждения синхронных генераторов — эффективное средство для коренного улучшения работы сельских электростанций в повышения качества вырабатываемой ими электроэнергии.

В компаундирующих устройствах отсутствуют подвижные части, контакты, а также сложные и дорогие электронные и ионные приборы. Они практически не имеют зоны нечувствительности и поэтому представляют собой весьма эффективное средство повышения устойчивости работы синхронных генераторов.

Большим преимуществом системы компаундирования по сравнению с электронными регуляторами напряжения, которые также почти не имеют зоны нечувствительности, является простота схемы и отсутствие постороннего источника

питания стабильного напряжения. Эта имеет существенное значение для сельских электрических установок.

### 5. Системы с фазовым компаундированием

Устройство и принцип действия. Система стабилизации напряжения СГ, основанная на принципе ПФК с корректором напряжения, обеспечивает (при изменении нагрузки СГ от 0 до 100%, частоты вращения — до  $\pm 2\%$  номинальной, cosф — от 0,6 до 1) поддержание напряжения СГ в пределах  $\pm 1\%$  номинального значения.

Система, примененная для синхронных генераторов типа МСК, состоит из компаундирующего трансформатора с магнитным шунтом ТрКШ, силовых выпрямителей ВС, дросселя отбора ДО, блока конденсаторов С2, блока сопротивлений БС и корректора напряжения КН. Трансформатор ТрКШ — основной элемент ССН — состоит из магнитопровода на трех стержнях с магнитным шунтом, на стержнях трансформатора расположены обмотки. По одну сторону магнитного шунта расположены обмотки напряжения ОН и питания цепей корректора напряжения ОК, по другую сторону — обмотки О ДО для питания дросселя и блока конденсаторов С2. В трансформаторе расположена вторичная обмотка ОСВ, которая подключена к силовым выпрямителям ВС. В двух фазах трансформатора сверху вторичной обмотки расположена токовая обмотка ОТ из нескольких витков медной шины, соединенная последовательно с обмоткой статора СГ.

## 1. 4 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Виды реле»

### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Понятие о реле. Виды реле.
2. Понятие о селективности.

### 1.4.2 Краткое содержание вопросов:

Реле — это электромагнитный аппарат, назначением которого является коммуникация электрических цепей. Такое устройство используется очень широко во многих отраслях промышленности. Особенно активно применяются реле в автомобилестроении. И hummer, и кадиллак, и майбох, и любой другой «железный конь» имеет под капотом разнообразные реле.

Существует множество самых разнообразных видов реле. Это и электрические, и пневматические, и механические реле.

Наиболее распространены сегодня электромагнитные реле. Они состоят, соответственно, из электромагнита и якоря.

Первый есть не что иное, как электрический провод, который намотан на катушку. Она имеет сердечник, выполненный из магнитного материала.

Якорь также выполнен из такого же материала и представляет собой пластину. Суть работы реле заключается в том, что электрический ток, пропускаемый через обмотку электромагнита, создает магнитное поле. В результате этого к сердечнику притягивается якорь. В результате этого переключаются контакты. Купить весовое оборудование-настольные весы AD-2,5. .

Изобретение реле стало великим открытием, перевернувшим мир. Произошло это в далеком 1831 году. В 1937 году С. Бриз Морзе изобрел коммуникационное реле, используемое затем в телеграфном аппарате.

Сегодня же реле используются столь широко, что различают огромное количество самых разнообразных видов.

Так, например, в зависимости от начального состояния контактов можно различить те, которые имеют нормально замкнутые контакты или, напротив, нормально разомкнутые контакты, а также реле, контакты которых могут переключаться в два устойчивых положения.

В зависимости от типа тока, управляющего реле, можно выделить реле постоянного и переменного тока. В свою очередь реле постоянного тока подразделяются на нейтральные, поляризованные и комбинированные реле.

В зависимости от наличия дополнительной механики и количества управляемых контактов существует шаговый искатель или электромеханический счетчик с предустановкой.

По напряжению и величине управляющего тока различают маломощные реле, реле средней мощности и мощные устройства.

В зависимости от задержки срабатывания различают реле без таковой, реле с задержкой и так называемые реле времени.

Кроме этого, существуют дифференциальные реле, реле тока, напряжения, мощности, сопротивления, фотореле и так далее.

Автомобильные реле – это непременная составляющая часть бортовой магистрали всякой машины, будь то кадиллак или форд.

Данное устройство отвечает за включение и выключения всевозможных электронных механизмов транспортного средства. Причем сегодня именно реле отвечает за включение и выключения практически всего электрооборудования машин.

Что касается включающего контура, то это небольшое устройство, которое собственно и соединяет механическим способом контур. Делает это он при подаче небольшого тока. И это есть преимущество реле, так как они не требуют большого напряжения и работают от тоненького проводка.

В автомобиле, как правило, реле работают от небольшого тока. Чаще всего для их управления применяют транзисторы или тиристоры.

Помимо реле, работающих от небольшого тока, существуют также реле, для управления которых требуются большие и даже сверхбольшие токи.

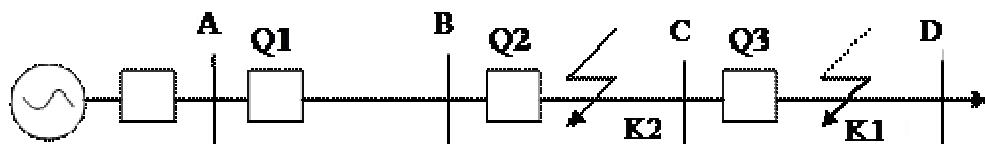
## 2. Понятие о селективности.

Селективность РЗ означает, что автоматика должна выявить поврежденный участок и отключить только его. Для РЗ, действующей на сигнал, селективность — это способность однозначно указывать место возникновения ненормального режима.

На каждом элементе устанавливается несколько комплектов РЗ. В зависимости от вида повреждения должен действовать только один из них.

Существует два вида селективности:

1) абсолютная селективность. Если по принципу своего действия защита срабатывает только при КЗ на защищаемом элементе, то ее относят к защитам, обладающим абсолютной селективностью.



КЗ в точке К2. КЗ должна отключить РЗ выключателя Q2. Если эта защита действует только на участке BC, и не срабатывает при КЗ на участке CD, то она имеет абсолютную селективность.

2) относительная селективность. Защиты, которые могут срабатывать как резервные при повреждении на смежном элементе, если это повреждение не отключается, называются относительно селективными. Пример: КЗ в точке К1. КЗ должна отключить РЗ выключателя Q3. Если эта защита не действует, то КЗ должно отключиться защитой выключателя Q2, которая в данном случае будет работать как резервная и иметь относительную селективность.

Селективность, в зависимости от тока. Для ее достижения задаются различные уставки в соответствии со значениями токов для автоматов. Здесь же учитывается максимальное значение отсечки тока. Более высокие значения задаются для автоматических выключателей, расположенных со стороны питания. Оконечные

электрические установки используют автоматы с максимальной токовой защитой. Временная селективность проявляется тогда, время срабатывания автоматов преднамеренно задерживается. При включении в последовательную цепочку, наибольшим временем срабатывания обладают автоматы, ближе всего расположенные к источнику питания. Причем, время срабатывания автомата со стороны питания на 50 процентов превышает этот же показатель со стороны нагрузки. Селективность по зонам применяется к специальной аппаратуре, объединенной между собой. От одного аппарата, при обнаружении неисправности, поступает сигнал на выключатель, задерживающий время на 50 мс. Если же этот выключатель не может локализовать неисправность, то в работу включается первый аппарат. Зонная селективность обеспечивается применением электронных расцепителей.

### 1. 5 Лекция №7,8,9 (6 часа).

**Тема: «Основные понятия и виды релейных защит»**

#### 1.5.1 Вопросы лекции:

1. Основные понятия релейной защиты.
2. Основные органы релейной защиты.
3. Повреждения и ненормальные режимы работы в энергосистемах.
4. Основные виды коротких замыканий.

#### 1.5.2 Краткое содержание вопросов:

В электроэнергетических системах могут возникать повреждения и ненормальные режимы работы.

Повреждения: короткие замыкания – сверх ток, понижение напряжения – потеря устойчивости.

Ненормальные режимы – отклонения напряжения, тока и частоты.

Развитие аварии может быть предотвращено быстрым отключением поврежденного участка при помощи специальных автоматических устройств – релейной защиты.

Назначение – выявление места КЗ и быстрое отключение поврежденного участка от неповрежденной части.

Выявление нарушений нормального режима и подача предупредительных сигналов или проведение операций, необходимых для восстановления нормального режима. Связь РЗ с автоматикой – АПВ, АВР, АЧР.

1. Классификация устройств РЗА, приведена на рис. 1.1.

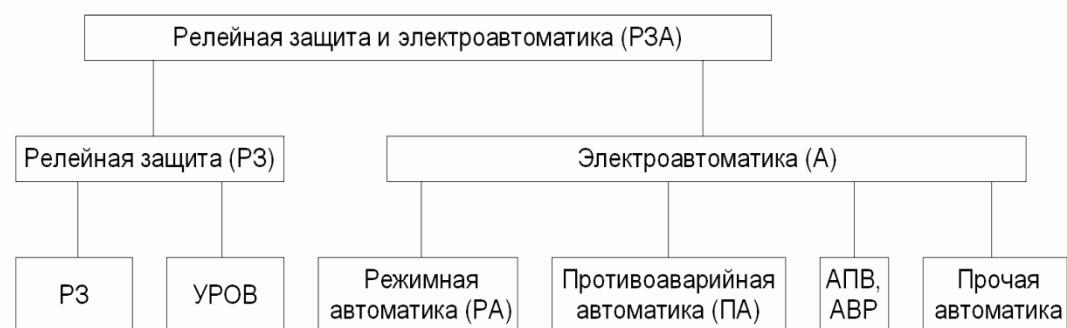


Рис. 1.1. Классификация устройств РЗА.

**РЗ** - релейная защита - часть электрической автоматики, предназначенная для выявления и автоматического отключения поврежденного электрооборудования.

**УРОВ** – устройство резервирования отказов выключателей - предназначено для быстрого отключения поврежденного оборудования при отказе выключателя данного оборудования выключателями, смежными с отказавшим.

**РА** - режимная автоматика - предназначена для автоматического регулирования и поддержания в заданных пределах параметров нормального режима (например, автоматика регулирования коэффициентов трансформации трансформаторов и АТ, АРВ генераторов).

**ПА** – противоаварийная автоматика – предназначена для предотвращения возникновения ненормальных режимов или ликвидации возникших ненормальных режимов.

**АПВ** – автоматическое повторное включение – предназначено для повторного включения выключателя, отключенного релейной защитой.

**АРВ** – автоматическое включение резерва – предназначено для автоматического включения резервного питания потребителей при отключении рабочего источника питания.

**Прочая автоматика** – например, ШАОТ – шкаф автоматики охлаждения трансформатора.

**Релейная защита (РЗ)** - часть электрической автоматики, предназначенная для выявления и автоматического отключения поврежденного электрооборудования.

В виде исключения к устройствам РЗ относятся некоторые устройства, предназначенные не для выявления и отключения поврежденного электрооборудования, а для выявления ненормальных режимов работы электрооборудования (например, защита от перегрузки трансформатора).

Кроме того, в некоторых случаях, не требующих быстрого автоматического отключения поврежденного оборудования, устройства РЗ могут действовать не на отключение, а на сигнал (например, защита от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью).

В общем случае к релейной защите, действующей при повреждениях на отключение, предъявляются следующие четыре основных технических требования:

1. селективность;
2. быстрота отключения;
3. чувствительность;
4. надежность.

Принимаются следующие оценки срабатывания УРЗА:

ПС- правильные срабатывания;  
НС- неправильные срабатывания;  
ИС- излишние срабатывания;  
ЛС- ложные срабатывания;  
ОС- отказы срабатывания;  
НВС невыясненные срабатывания.

К числу общей оценки ,приняты следующие оценки:

правильно;  
правильно с замечанием;  
неправильно.

Нормальный режим работы — это установившийся режим работы системы, при котором обеспечивается бесперебойное снабжение потребителей электроэнергии, в необходимом количестве и установленного качества.

Аварийный режим работы — это такой режим работы СЭС, который нарушает нормальный режим работы и продолжается до отключения повреждённого элемента. В любом случае аварийный режим считается кратковременным.

Послеаварийный режим работы — это тот режим работы, в котором находится система в результате нарушения (аварии) и длившееся до восстановления нормального режима.

Виды: КЗ – наиболее тяжелое.

Основные виды повреждений в электрических сетях:

Трехфазное КЗ.

Ток КЗ примерно в 3÷10 раз превышает номинальные токи генераторов и трансформаторов.

Режим симметричный: токи и напряжения во всех фазах одинаковы по величине. Имеются только прямые последовательности токов и напряжений, обратные и нулевые последовательности отсутствуют:

$$U = U_1$$

$$U_2 = U_0 = 0$$

$$I = I_1$$

$$I_2 = I_0 = 0$$

Двухфазное КЗ.

Величина тока двухфазного КЗ примерно равна:

$$I_K^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_K^{(3)} \approx 0,866 \cdot I_K^{(3)}$$

Режим несимметричный: токи КЗ протекают в двух поврежденных фазах. В токах и в напряжениях имеются составляющие прямой и обратной последовательностей, нулевая последовательность отсутствует.

Однофазное КЗ в сети с заземленной нейтралью.

Сети с заземленной нейтралью - сети 110 кВ и выше. В сетях с заземленной нейтралью замыкание одной фазы на землю является коротким замыканием. Токи КЗ протекают от всех заземленных нейтралей к точке КЗ (или наоборот - кому как нравится). Поэтому, чем больше заземленных нейтралей, тем больше величина тока КЗ.

## 1. 6 Лекция №10 (2 часа).

**Тема: «Противоаварийная автоматика систем электроснабжения»**

### 1.6.1 Вопросы лекции:

1. Системы противоаварийной автоматики;
2. Преимущества реализации систем релейной защиты и противоаварийной автоматики.

### 1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Противоаварийная автоматика энергосистем

В современных энергосистемах (ЭЭС) должна обеспечиваться высокая эффективность противоаварийного управления для различных условий функционирования и с учетом индивидуальных особенностей ЭЭС:

структуры сети ЭЭС, жесткости ее связей с Единой Энергосистемой, возможности реверса потоков мощности по системообразующим ЛЭП;

режимных и структурных различий для всех характерных режимов года — зимнего максимума нагрузки, периода паводка ГЭС, летнего минимума нагрузки;

специфики нетиповых ремонтных схем или нерасчетных режимов при выборе режимных параметров настройки противоаварийной автоматики (ПА).

Широкий спектр учитываемых факторов свидетельствует о многообразии требований, предъявляемых к устройствам ПА, алгоритмам их функционирования.

Поэтому анализ режимов и устойчивости энергосистем представляет собой неотъемлемую часть работы по созданию систем ПА, которые по структуре исполнения являются иерархическими. Системы ПА должны оказывать дозированные воздействия на ЭЭС, чтобы обеспечивать локализацию и ликвидацию аварийных режимов, а также минимизировать ущербы от аварий.

### ОБЩАЯ СТРУКТУРА ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ

В целях предотвращения возникновения и развития аварий в энергосистемах, их локализации и ликвидации путем выявления опасных аварийных возмущений или недопустимых отклонений параметров электрического режима и осуществления противоаварийного управления применяют ПА.

Различают функциональное и аппаратное структурное построение ПА. В эксплуатации функциональные структурные схемы используются при описании режимных принципов выполнения и действия ПА, составлении инструкций по режимам работы энергообъединений, энергоузлов, межсистемных и внутрисистемных связей. Аппаратные структурные схемы необходимы для составления инструкций по обслуживанию противоаварийной автоматики, оперативных заявок на вывод в ремонт ПА или ее частей.

Обобщающее понятие функциональной структуры — система ПА, которая в пределах своего энергоузла, энергорайона, энергообъединения решает все задачи противоаварийного управления и включает ряд подсистем, обеспечивающих:

- предотвращение нарушения устойчивости параллельной работы (АПНУ),
- ликвидацию асинхронного режима (АЛАР),
- ограничение снижения частоты (АОСЧ),
- ограничение повышения частоты (АОПЧ),
- ограничение снижения напряжения (АОСН),

разгрузку (предотвращение недопустимой перегрузки) оборудования (АРО)

2. Преимущества реализации систем релейной защиты и противоаварийной автоматики:

Повышение надежности энергосистемы за счет исключения системных аварий и обеспечения устойчивости нагрузки при снижении напряжения

Обеспечение ввода электрической сети в нормальный режим работы после аварий  
Повышение качества электроэнергии

Предоставление оперативному персоналу достоверной информации в режиме реального времени состоянии работы оборудования и предупреждений об отклонениях от нормы

Снижение влияния человеческого фактора за счет частичной автоматизации функций и сокращения числа ошибок персонала

## 1. 7 Лекция №11 (2 часа).

**Тема: «Схемы учёта, управления и сигнализации»**

### 1.7.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения
2. Конструктивные элементы схем управления и сигнализации
3. Способы выполнения общих и специальных требований к схемам управления и сигнализации

### 1.7.2 Краткое содержание вопросов:

Схемы технологического контроля состоят из разомкнутых каналов, по которым информация о ходе технологического процесса поступает в пункт управления объектом.

Системы технологического контроля имеют большое число параметров (или состояний производственных механизмов), о которых для нормального ведения технологического процесса оператору достаточна только двухпозиционная информация (параметр в норме - параметр вышел из нормы, механизм включен - механизм отключен и т. п.).

Контроль этих параметров осуществлен с помощью схем сигнализации. Чаще всего в этих схемах наиболее широко применяют электрические релейно-контактные элементы со световой и звуковой сигнализацией об отклонении параметров.

Световая сигнализация осуществляется с помощью различной сигнальной арматуры. При этом световой сигнал может быть воспроизведен ровным или мигающим светом, свечением ламп неполным каналом. Звуковая сигнализация выполняется, как правило, с помощью звонков, гудков и сирен. В некоторых случаях сигнализация о срабатывании защиты или автоматики может быть выполнена с помощью специальных сигнальных указательных реле-blinkеров.

Системы сигнализации разрабатывают конкретно для данного объекта, поэтому всегда имеются их принципиальные схемы.

Принципиальные схемы сигнализации по назначению могут быть разделены на следующие группы:

1) схемы сигнализации положения (состояния) - для информации о состоянии технологического оборудования («Открыто» - «Закрыто», «Включено» - «Отключено» и т. д.),

2) схемы технологической сигнализации, дающие информацию о состоянии таких технологических параметров, как температура, давление, расход, уровень, концентрация и т. д.,

3) схемы командной сигнализации, позволяющие передавать различные указания (приказы) из одного пункта управления в другой с помощью световых или звуковых сигналов.

По принципу действия различают:

1) схемы сигнализации с индивидуальным съемом звукового сигнала, отличающиеся достаточной простотой и наличием для каждого сигнала индивидуального ключа, кнопки или другого коммутационного аппарата, позволяющего отключать звуковой сигнал.

Подобные схемы находят применение для сигнализации положения или состояния отдельных агрегатов и мало применимы для массовой технологической сигнализации, так как в них одновременно со звуковым сигналом обычно отключается и световой сигнал,

2) схемы с центральным (общим) съемом звукового сигнала без повторности действия, оснащенные единым устройством, с помощью которого можно отключать звуковой сигнал, сохраняя индивидуальный световой сигнал. Недостатком схем без повторного действия звукового сигнала является невозможность получения нового звукового сигнала до размыкания контактов электрических устройств, вызвавших появление первого сигнала,

3) схемы с центральным съемом звукового сигнала с повторностью действия, выгодно отличающиеся от предыдущих схем способностью повторно подавать звуковой сигнал при срабатывании любого датчика сигнализации независимо от состояния всех остальных датчиков.

По роду тока различают схемы на постоянном и переменном токе.

В практике разработки систем автоматизации технологических процессов находят применение различные схемы сигнализации, отличающиеся как по структуре, так и способам построения отдельных их узлов. Выбор наиболее рационального принципа построения схемы сигнализации определяется конкретными условиями ее работы, а также техническими требованиями, предъявляемыми к светосигнальной аппаратуре и датчикам сигнализации.

Алгоритмы работы схем управления электроприводами производственных механизмов. При их составлении наряду с ревтоматическим управлением в схеме следует предусмотреть ручное управление, которое может быть как местным, так и дистанционным. Причем местное управление может использоваться наряду с дистанционным, если наладка и опробование механизмов с помощью последнего затруднены из-за отдаленности щитов управления. Режим управления выбирается специально предназначенным для этой цели переключателем выбора режима (ПВР). Не рекомендуется использовать одинокомандоаппарат и в качестве ПВР, и в качестве

устройства для пуска и останова электродвигателя. При положении ПВР, соответствующем местному управлению, должна исключаться возможность пуска механизма в любом другом режиме. В схеме должен быть также предусмотрен аппарат для аварийного отключения электропривода вне зависимости от режима его работы, который устанавливается вблизи соответствующего механизма.

При управлении двумя аналогичными производственными механизмами, один из которых является резервным, можно предусмотреть следующие режимы работы: автоматический рабочий, автоматический резервный и ручной (ремонтный). В алгоритме работы рассматриваемых схем управления отражается также наличие или отсутствие защиты от минимального напряжения, предупреждающей повторный самозапуск электродвигателя, возможность отключения электродвигателя любой из кнопок "Стоп" в зависимости или независимо от положения ПВР. Схемы управления электроприводами производственных механизмов и, следовательно, алгоритмы их работы можно разделить на две группы: схемы управления электродвигателями, не связанными технологической последовательностью включения, и схемы управления электродвигателями, связанными технологической последовательностью включения, в том числе и схемы управления ПТС.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

### **ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

#### **2.1 Семинарское занятие №1 (2 часа).**

**Тема:** «Элементы и системы автоматики»

##### **2.1.1 Вопросы к занятию:**

1. Понятие автоматики, телемеханики и кибернетики связь между ними?
2. Основные элементы автоматики, входящие в САР ТП.
3. Классификация автоматических систем управления?
4. Отличия САР ТП от САУ ТП?
5. Схемы систем автоматики.

##### **2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Семинарские занятия проводятся в форме обсуждения вопросов темы в группе и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, для этого необходимо самостоятельно проработать предложенные вопросы.

На семинарском занятии студентами осуществляется весьма объемная работа по углубленному проникновению в суть вынесенных для обсуждения вопросов. В ходе семинара студент учится публично выступать, видеть реакцию слушателей, логично, ясно, четко, грамотным литературным языком излагать свои мысли, проводить доводы, формулировать аргументы в защиту своей позиции.

На семинаре каждый студент имеет возможность критически оценить свои знания, сравнить со знаниями и умениями их излагать других студентов, сделать выводы о необходимости более углубленной и ответственной работы над обсуждаемыми проблемами. В ходе семинара каждый студент опирается на свои конспекты, сделанные на лекции, собственные выписки из учебников, другой литературы, на глоссарий по данной теме. Семинар стимулирует стремление к совершенствованию конспекта, желание сделать его более информативным, качественным.

Элементы автоматики чрезвычайно разнообразны по выполняемым функциям, конструкции, принципу действия, характеристикам, физической природе преобразуемых сигналов и т.д.

1) В зависимости от того, как элементы получают энергию, необходимую для преобразования входных сигналов, они делятся на пассивные и активные.

Пассивные элементы автоматики – это элементы, у которых входное воздействие (сигнал  $x_{vh}$ ) преобразуется в выходное воздействие (сигнал  $x_{vых}$ ) за счёт энергии входного сигнала (например, редуктор).

Активные элементы автоматики для преобразования входного сигнала используют энергию от вспомогательного источника (например, двигатель, усилитель).

2) В зависимости от энергии на входе и выходе элементы автоматики подразделяются на:

электрические;  
гидравлические;  
пневматические;  
механические;  
комбинированные.

3) По выполняемым функциям в системах регулирования и управления элементы автоматики подразделяются на:

датчики;  
усилители;  
исполнительные устройства;  
реле;

вычислительные элементы;  
согласующие элементы;  
вспомогательные элементы и т.д.

## **2.2 Семинарское занятие №2,3 (4 часа).**

**Тема: «Классификация автоматических систем управления»**

### **2.2.1 Вопросы к занятию:**

1. Классификация автоматических систем управления по принципу действия (прямого и непрямого),
2. Классификация автоматических систем управления по величине установившейся ошибки (статические и астатические).

### **2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Семинарские занятия проводятся в форме обсуждения вопросов темы в группе и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, для этого необходимо самостоятельно проработать предложенные вопросы.

На семинарском занятии студентами осуществляется весьма объемная работа по углубленному проникновению в суть вынесенных для обсуждения вопросов. В ходе семинара студент учится публично выступать, видеть реакцию слушателей, логично, ясно, четко, грамотным литературным языком излагать свои мысли, проводить доводы, формулировать аргументы в защиту своей позиции.

На семинаре каждый студент имеет возможность критически оценить свои знания, сравнить со знаниями и умениями их излагать других студентов, сделать выводы о необходимости более углубленной и ответственной работы над обсуждаемыми проблемами. В ходе семинара каждый студент опирается на свои конспекты, сделанные на лекции, собственные выписки из учебников, другой литературы, на глоссарий по данной теме. Семинар стимулирует стремление к совершенствованию конспекта, желание сделать его более информативным, качественным.

#### **По принципу действия**

**Прямого действия** Не используют внешнюю энергию, а используют энергию самого объекта управления (регуляторы давления)

#### **Непрямого действия** Для работы требуется внешний источник энергии

**Ошибка калибровки** - это погрешность, допущенная производителем при проведении калибровки датчика на заводе. Эта погрешность является систематической и добавляется ко всем реальным передаточным функциям.

## **2.3 Семинарское занятие №4,5 (4 часа).**

**Тема: «Виды релейных защит»**

### **2.3.1 Вопросы к занятию:**

1. Устройства, принцип действия электрических реле.
2. Требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты?
3. Основные принципы релейной защиты?
4. Принципы действия электромагнитного реле?
5. Схемы включения вторичных реле защиты?

### **2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Семинарские занятия проводятся в форме обсуждения вопросов темы в группе и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, для этого необходимо самостоятельно проработать предложенные вопросы.

На семинарском занятии студентами осуществляется весьма объемная работа по углубленному проникновению в суть вынесенных для обсуждения вопросов. В ходе

семинара студент учится публично выступать, видеть реакцию слушателей, логично, ясно, четко, грамотным литературным языком излагать свои мысли, проводить доводы, формулировать аргументы в защиту своей позиции.

На семинаре каждый студент имеет возможность критически оценить свои знания, сравнить со знаниями и умениями их излагать других студентов, сделать выводы о необходимости более углубленной и ответственной работы над обсуждаемыми проблемами. В ходе семинара каждый студент опирается на свои конспекты, сделанные на лекции, собственные выписки из учебников, другой литературы, на глоссарий по данной теме. Семинар стимулирует стремление к совершенствованию конспекта, желание сделать его более информативным, качественным.

## **2.4 Семинарское занятие №6,7,8 (6 часов).**

**Тема: «Релейная защита отдельных элементов систем электроснабжения»**

### **2.4.1 Вопросы к занятию:**

1. Релейная защита в сетях напряжением до 1000В?
2. Релейная защита в сетях напряжением выше 1000В?...

### **2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Семинарские занятия проводятся в форме обсуждения вопросов темы в группе и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, для этого необходимо самостоятельно проработать предложенные вопросы.

На семинарском занятии студентами осуществляется весьма объемная работа по углубленному проникновению в суть вынесенных для обсуждения вопросов. В ходе семинара студент учится публично выступать, видеть реакцию слушателей, логично, ясно, четко, грамотным литературным языком излагать свои мысли, проводить доводы, формулировать аргументы в защиту своей позиции.

На семинаре каждый студент имеет возможность критически оценить свои знания, сравнить со знаниями и умениями их излагать других студентов, сделать выводы о необходимости более углубленной и ответственной работы над обсуждаемыми проблемами. В ходе семинара каждый студент опирается на свои конспекты, сделанные на лекции, собственные выписки из учебников, другой литературы, на глоссарий по данной теме. Семинар стимулирует стремление к совершенствованию конспекта, желание сделать его более информативным, качественным.

## **2.5 Семинарское занятие №9,10 (4 часа).**

**Тема: «Автоматическое регулирование параметров режима электроэнергетических систем»**

### **2.5.1 Вопросы к занятию:**

1. Устройства автоматического регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности?
2. Основные задачи автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности.
3. Функции автоматических регуляторов возбуждения.

### **2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Семинарские занятия проводятся в форме обсуждения вопросов темы в группе и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, для этого необходимо самостоятельно проработать предложенные вопросы.

На семинарском занятии студентами осуществляется весьма объемная работа по углубленному проникновению в суть вынесенных для обсуждения вопросов. В ходе семинара студент учится публично выступать, видеть реакцию слушателей, логично, ясно, четко, грамотным литературным языком излагать свои мысли, проводить доводы, формулировать аргументы в защиту своей позиции.

На семинаре каждый студент имеет возможность критически оценить свои знания, сравнить со знаниями и умениями их излагать других студентов, сделать выводы о необходимости более углубленной и ответственной работы над обсуждаемыми проблемами. В ходе семинара каждый студент опирается на свои конспекты, сделанные на лекции, собственные выписки из учебников, другой литературы, на глоссарий по данной теме. Семинар стимулирует стремление к совершенствованию конспекта, желание сделать его более информативным, качественным.

## **2.6 Семинарское занятие №11,12,13 (6 часа).**

**Тема: «Противоаварийная автоматика систем электроснабжения»**

### **2.6.1 Вопросы к занятию:**

1. Основные функции принцип работы АПВ и АВР?
2. Понятие и функции АЧН (автоматическая частотная нагрузка)?

### **2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Семинарские занятия проводятся в форме обсуждения вопросов темы в группе и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, для этого необходимо самостоятельно проработать предложенные вопросы.

На семинарском занятии студентами осуществляется весьма объемная работа по углубленному проникновению в суть вынесенных для обсуждения вопросов. В ходе семинара студент учится публично выступать, видеть реакцию слушателей, логично, ясно, четко, грамотным литературным языком излагать свои мысли, проводить доводы, формулировать аргументы в защиту своей позиции.

На семинаре каждый студент имеет возможность критически оценить свои знания, сравнить со знаниями и умениями их излагать других студентов, сделать выводы о необходимости более углубленной и ответственной работы над обсуждаемыми проблемами. В ходе семинара каждый студент опирается на свои конспекты, сделанные на лекции, собственные выписки из учебников, другой литературы, на глоссарий по данной теме. Семинар стимулирует стремление к совершенствованию конспекта, желание сделать его более информативным, качественным.

## **2.7 Семинарское занятие №14,15,16 (6 часа).**

**Тема: «Схемы учёта, управления и сигнализации»**

### **2.7.1 Вопросы к занятию:**

1. Схемы управления и сигнализации воздушных и масляных выключателей
2. Защита цепей управления и сигнализации выключателей от коротких замыканий.
3. Наладка и эксплуатация цепей управления и сигнализации выключателей.

### **2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Семинарские занятия проводятся в форме обсуждения вопросов темы в группе и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, для этого необходимо самостоятельно проработать предложенные вопросы.

На семинарском занятии студентами осуществляется весьма объемная работа по углубленному проникновению в суть вынесенных для обсуждения вопросов. В ходе семинара студент учится публично выступать, видеть реакцию слушателей, логично, ясно, четко, грамотным литературным языком излагать свои мысли, проводить доводы, формулировать аргументы в защиту своей позиции.

На семинаре каждый студент имеет возможность критически оценить свои знания, сравнить со знаниями и умениями их излагать других студентов, сделать выводы о необходимости более углубленной и ответственной работы над обсуждаемыми проблемами. В ходе семинара каждый студент опирается на свои конспекты, сделанные на лекции, собственные выписки из учебников, другой литературы, на глоссарий по данной теме. Семинар стимулирует стремление к совершенствованию конспекта, желание сделать его более информативным, качественным.