



Институт энергетики,
информационных технологий
и управляющих систем

Релейная защита и автоматика систем электрообеспечения

Лекция №__

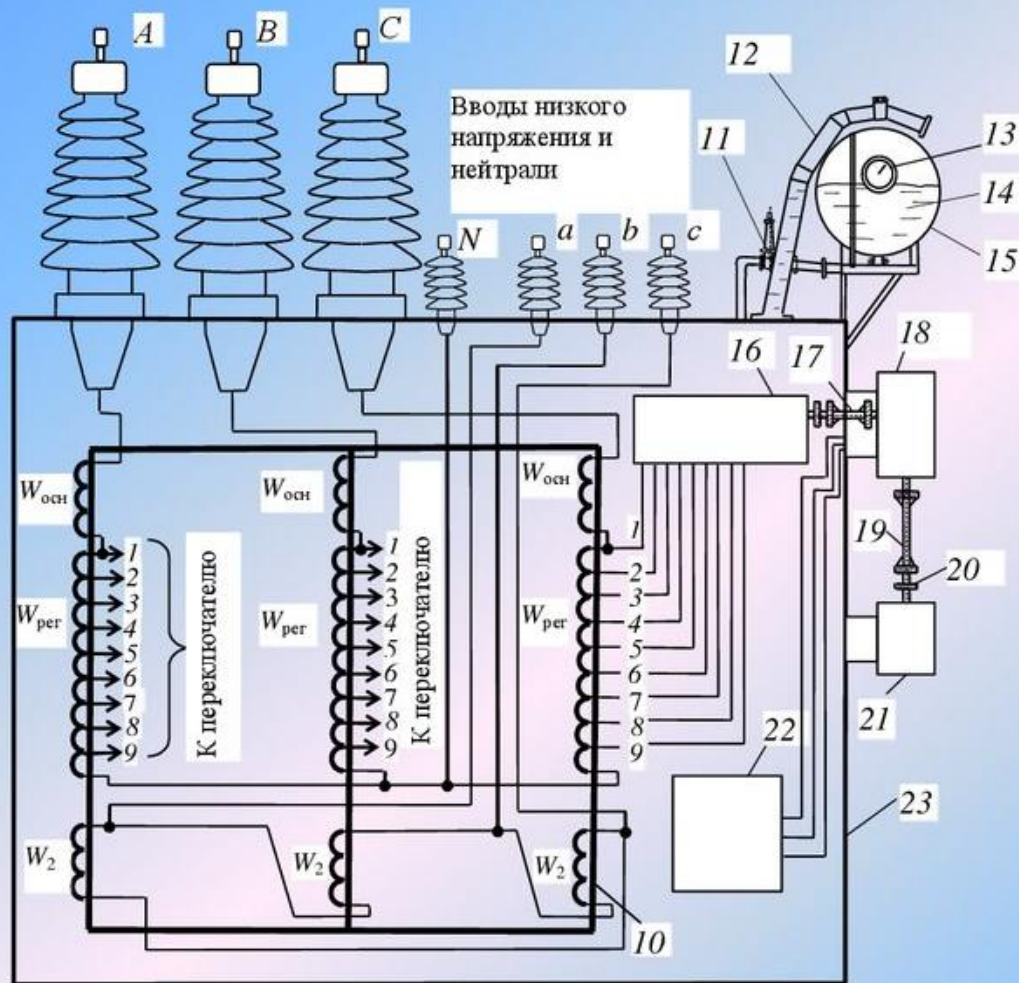
Автоматика РПН силовых трансформаторов

Составил: Кузнецов Д. Б.

Активная часть масляного трансформатора с РПН



Основные элементы силового трансформатора с РПН выносным контактором (РНТ-13)



- 1-9—ответвления регулировочной обмотки ВН;
- 10 — магнитопровод;
- 11 — газовое реле;
- 12 — выхлопная труба;
- 13 — маслоуказатель;
- 14 — трансформаторное масло;
- 15 — расширитель;
- 16 — переключатель;
- 17 — горизонтальный вал;
- 18 — контактор;
- 19 — вертикальный карданный вал;
- 20 — нониусная муфта;
- 21 — привод РПН;
- 22 — реактор;
- 23 — бак трансформатора; $W_{осн}$, $W_{рег}$ — соответственно основная и регулировочная обмотка ВН, W_2 — обмотка НН



РПН - переключение под нагрузкой

- РПН (устройство РПН, УРПН - устройство для переключения ответвлений обмотки силового трансформатора под нагрузкой).
- Устройство РПН служит для регулирования напряжения на низшей (низших) напряжениях трансформатора, выполняется на стороне высокого напряжения (ниже токи, проще реализация).
- Регулирование напряжения может производиться автоматически либо вручную – дистанционно или по месту.
- РПН предназначены для ступенчатого регулирования напряжения силовых понижающих трансформаторов под нагрузкой.
- Регулирование под нагрузкой (РПН) позволяет переключать ответвления обмотки трансформатора без разрыва цепи.
- Устройство РПН предусматривает регулирование напряжения в различных пределах в зависимости от мощности и напряжения трансформатора (от ± 10 до 16 % ступенями приблизительно по 1,5 %).





Динамическое отслеживание изменений нагрузки в сети. В зависимости от конкретной модели трансформатора, его конструкция позволяет менять коэффициент трансформации в режиме РПН в пределах от ± 10 до ± 16 %. Регулировка производится со стороны высоковольтной обмотки, так как там значительно меньше силы тока, что позволяет осуществлять процесс с меньшими затратами при высокой надежности. Управление может быть как ручным, так и автоматическим.

Автоматические регуляторы коэффициента трансформации трансформаторов

Схемы автоматического регулирования напряжения на подстанциях изменением коэффициента трансформации трансформаторов применяются практически на всех трансформаторах, оснащенных устройствами регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). Согласно требованиям ПТЭ, все трансформаторы должны работать с введенной автоматикой РПН, а отказ от применения автоматики должен быть обоснован. Причиной отказа может быть неисправность РПН, толчковая нагрузка, приводящая к недопустимо частому переключению РПН, исчерпание ресурса переключателя, необходимость его ревизии или замены масла.

С 1974 г. отечественные заводы, выпускающие трансформаторы, комплектовали их автоматическими регуляторами напряжения (АРНТ) типов АРТ-1Н (БАР) а затем АРТ-1М. Для переключения отпаяк обмоток трансформаторов использовались приводы РПН, самыми распространенными из которых являются отечественные ПДП-1, ПДП-4У, встроенный быстродействующий РНТА-35, и болгарские МЗ-2, МЗ-4. Электромоторный привод РПН предназначен для ступенчатого переключения отпаяк обмоток трансформатора. Привод обеспечивает такие режимы управления:

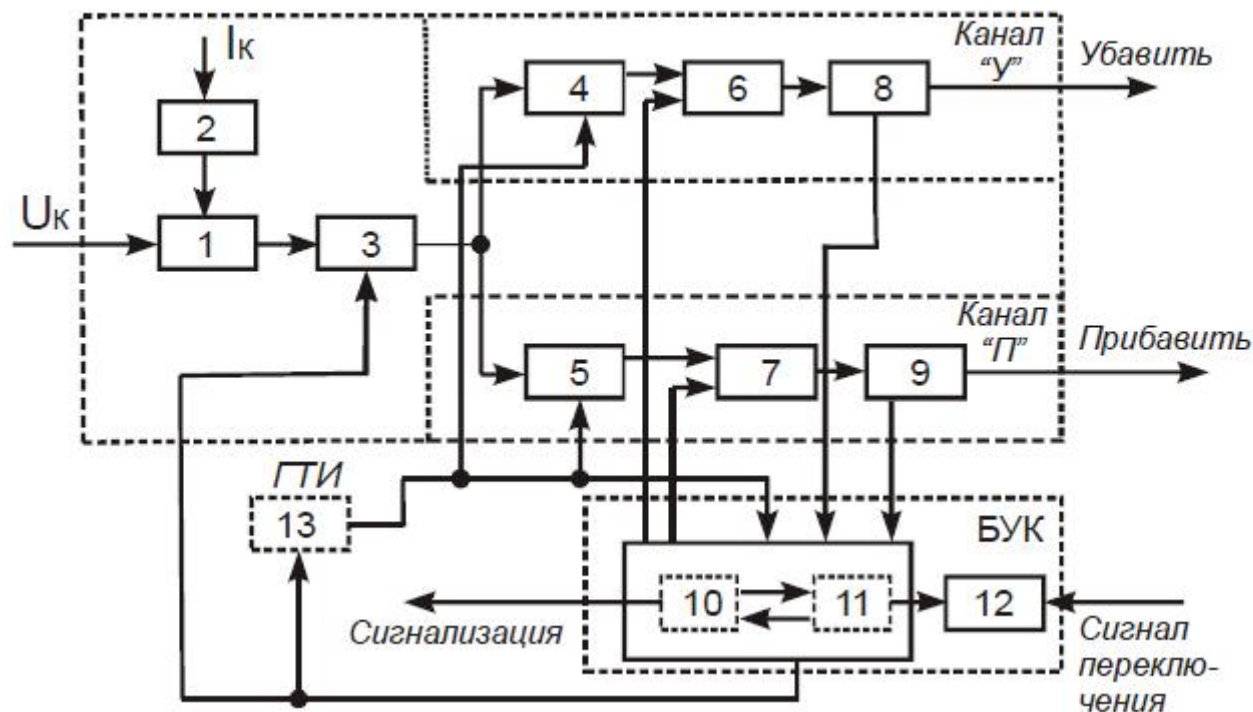
- местное (кнопками на приводе);
- дистанционное (ключом со щита управления);
- автоматическое (устройством АРНТ);
- ручной (механическое переключение при помощи специальной рукоятки на приводе).



Чаще всего, привод РПН имеет 9 или 19 ступеней регулирования. Как правило, переключаются отпайки обмотки ВН, тогда максимальному количеству витков, т.е. минимальному напряжению соответствует «1-е» положение привода РПН, а минимальному количеству витков и максимальному напряжению соответствует «n-е». У 2-х обмоточных трансформаторов 110/10кВ подстанций «глубокого ввода» «1-е» положение привода РПН соответствует максимальному напряжению, а «n-е» - минимальному. Текущее положение РПН определяется по лимбу указателя положения на приводе, или по электрическому указателю положения на щите управления. При получении команды «Прибавить» («Убавить») привод РПН начинает переключение, при этом замыкаются контакты контроллера, обеспечивающие переключение на одну ступень, и выдающие для блока автоматики сигнал «Идет переключение».

Структурная схема устройства АРНТ представлена на рисунке. Она содержит три основных функциональных звена: тракт регулирования с двумя каналами управления (**Убавить** — на понижение напряжения, **Прибавить** — на повышение напряжения); блок управления и контроля **БУК**, генератор тактовых импульсов **ГТИ** с элементом изменения периода следования тактовых импульсов.

В состав тракта регулирования входят следующие элементы: сумматор 1, датчик тока 2, элементы формирования и изменения зоны нечувствительности и уставки АРНТ, измерения и разделения каналов с преобразователями 3; элементы времени 4 и 5; элементы запрета 6 и 7, исполнительные элементы 8 и 9.



Контролируемое напряжение U_K вырабатывается в сумматоре 1, входное напряжение U_H суммируется с напряжением $U_{тК}$ от датчика тока 2 (осуществляется токовая компенсация). Благодаря токовой компенсации обеспечивается так называемое «встречное регулирование», необходимое для поддержания напряжения на шинах у потребителя. Без токовой компенсации АРНТ поддерживал бы

постоянным напряжение в том месте, где он установлен, т. е. на шинах питающей подстанции.

Напряжение на шинах потребителя $U_{нотр}$ отличается от напряжения на шинах низшего напряжения питающей подстанции U_n на величину падения напряжения в линии и будет изменяться при изменении тока нагрузки, проходящего по линии - $I_{нагр}$

$$U_{нотр} = U_n - I_{нагр} \cdot Z_n$$

где

Z_n – сопротивление линии

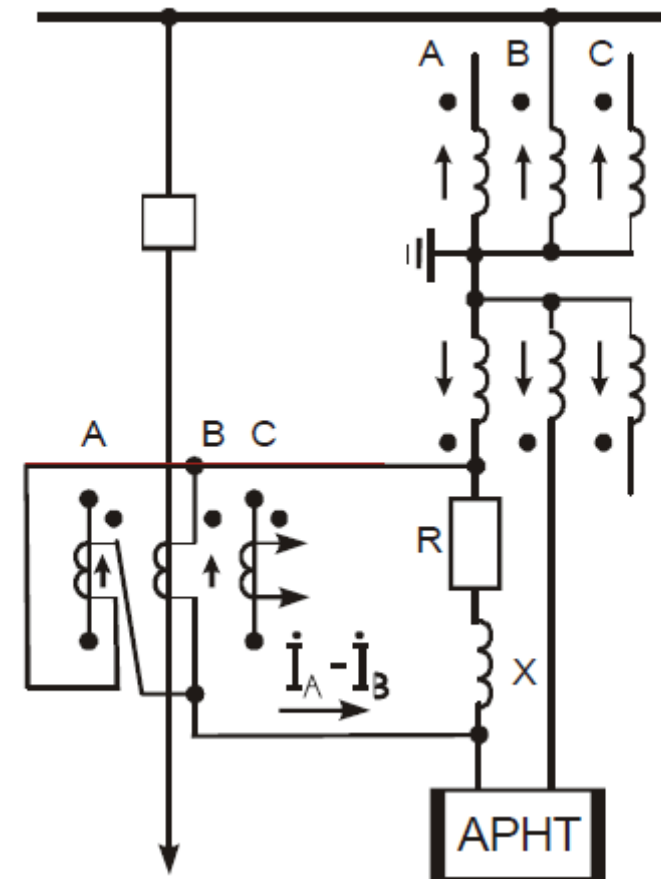


Схема подключения токовой компенсации к измерительному органу АРНТ

Чем больше ток нагрузки, проходящий по линии, тем ниже окажется напряжение у потребителя. Для того чтобы поддерживать постоянным напряжение у потребителя, измерительный орган АРНТ и дополняется токовой компенсацией. При включенной токовой компенсации (сопротивления R и X) к измерительному органу АРНТ будет подаваться напряжение, равное:

$$\dot{U}_{пер} = \frac{\dot{U}_н}{k_U} - \frac{\dot{I}_{нагр}}{k_I} Z_{тк}$$

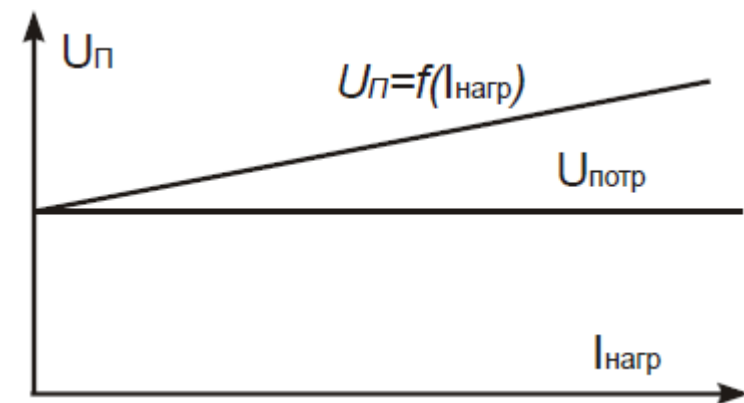
где

$Z_{тк}$ – сопротивление токовой компенсации;

k_I, k_U – коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения соответственно.

На измерительный орган АРНТ будет подаваться напряжение, пропорциональное напряжению на шинах потребителя $U_{потр}$, и автоматика будет поддерживать постоянное напряжение на шинах именно у потребителя. При этом напряжение на шинах подстанции будет изменяться в зависимости от тока нагрузки, как показано на

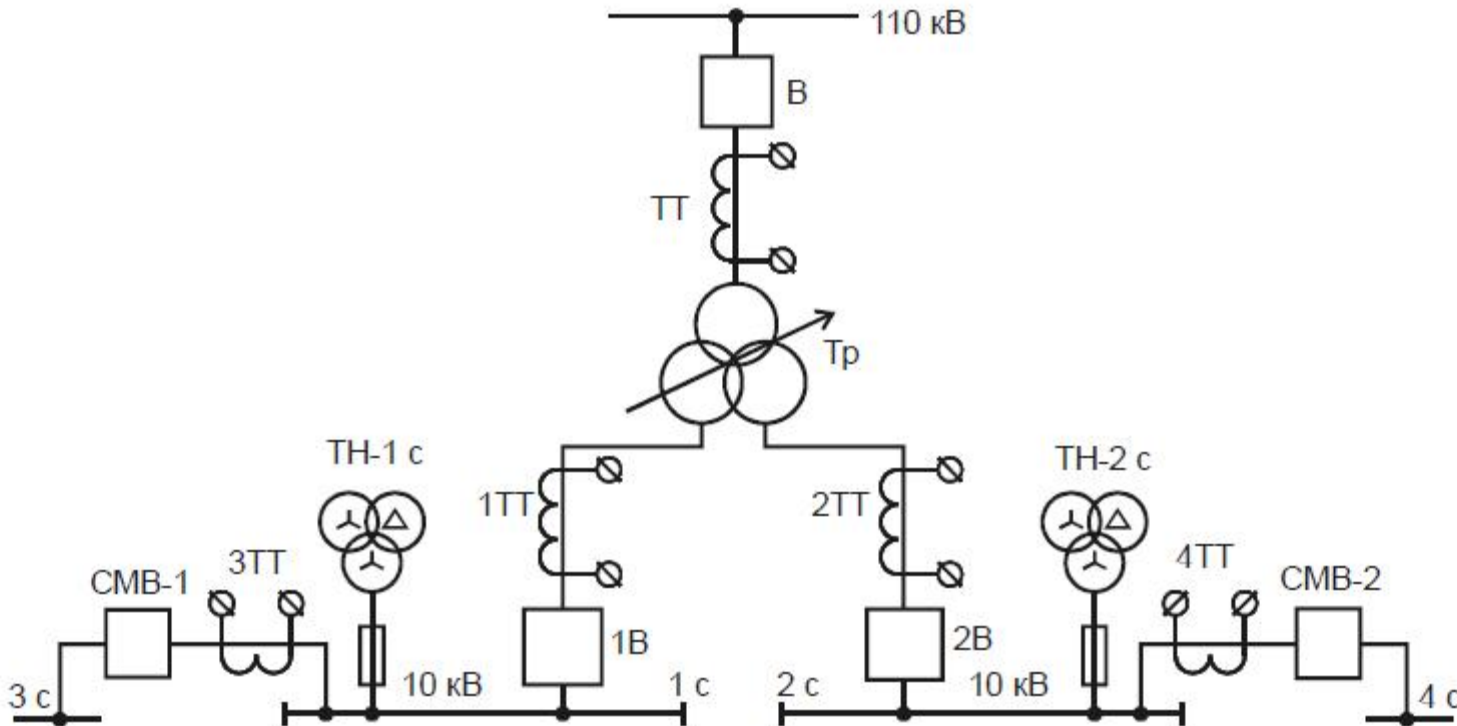
рисунке. Наклон характеристики $U_n = f(I_{нагр})$ будет тем больше, чем больше сопротивление линии

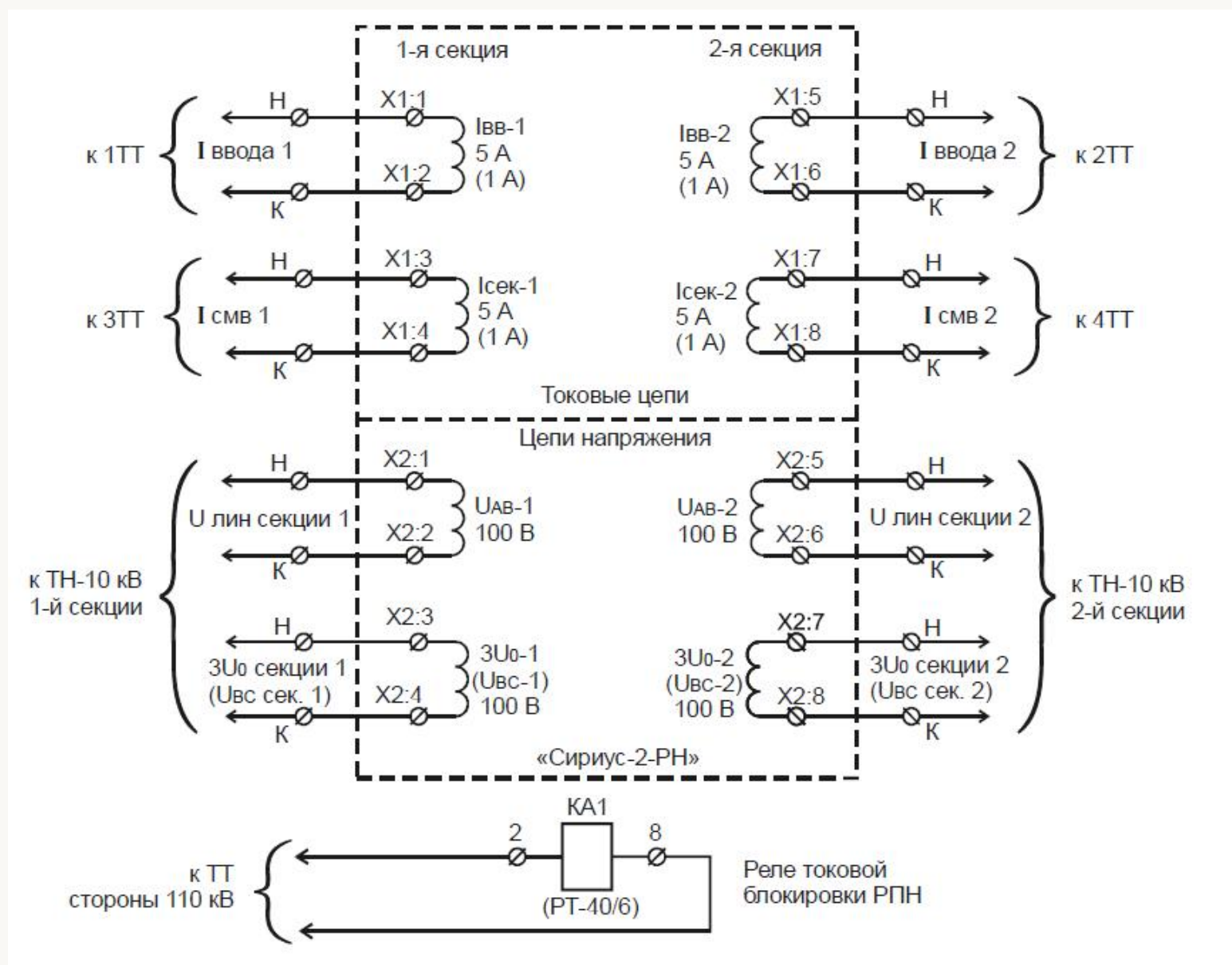


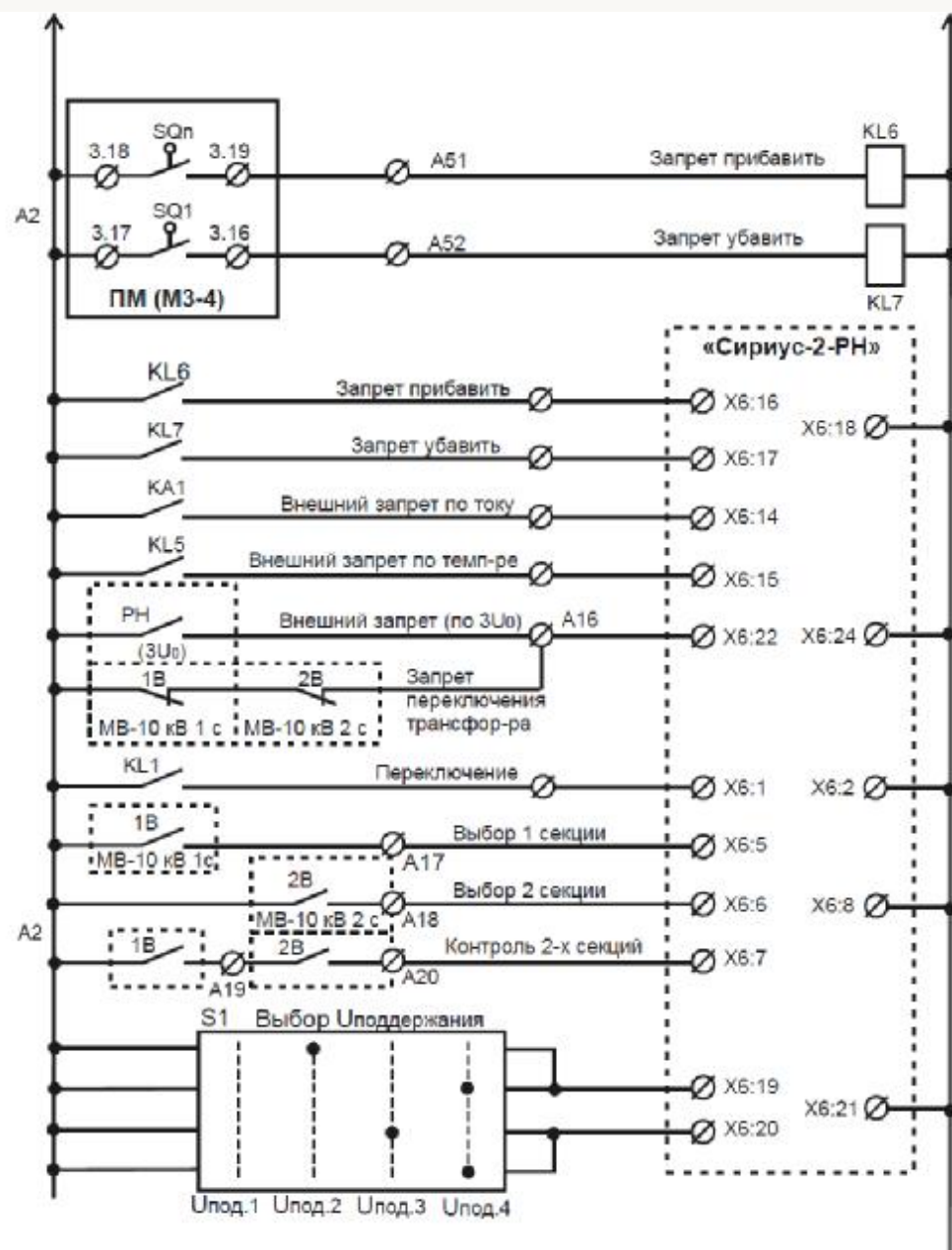
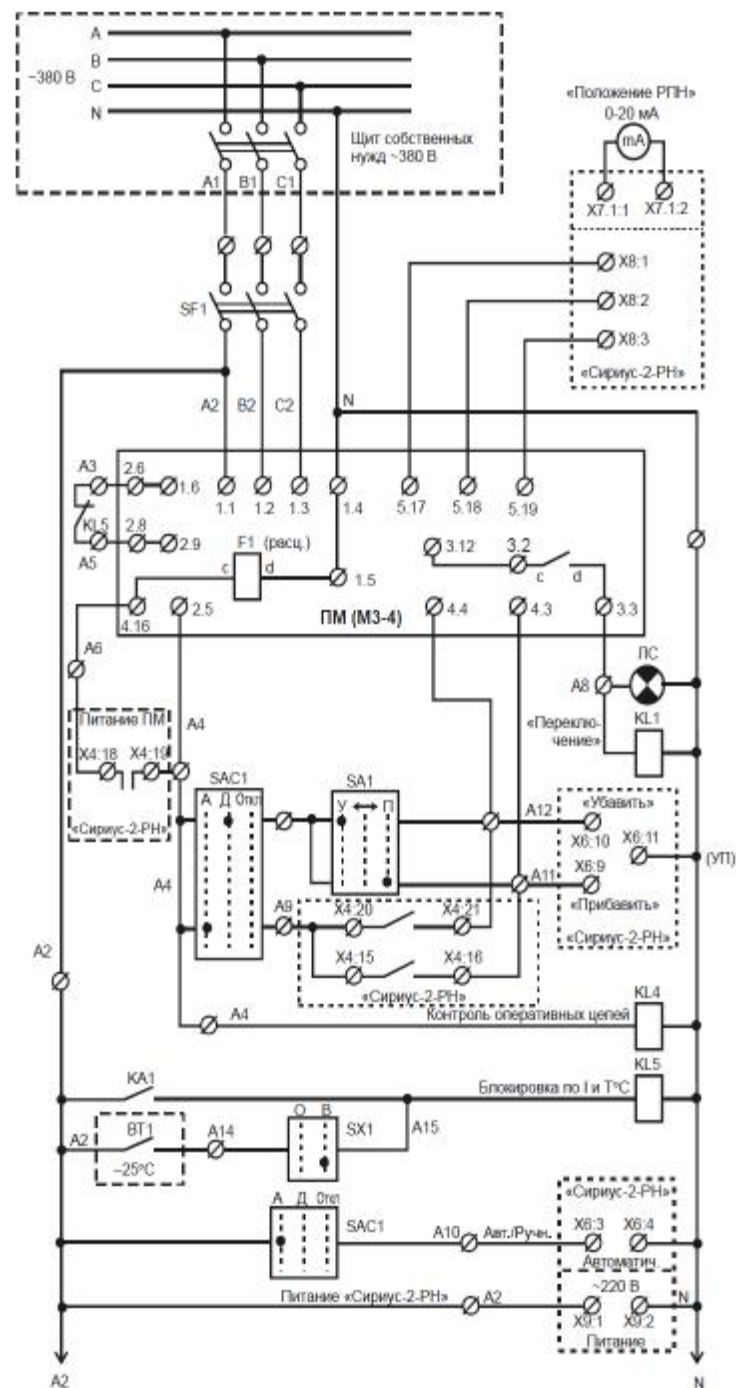
«Сириус-2-РН»



Поясняющая схема

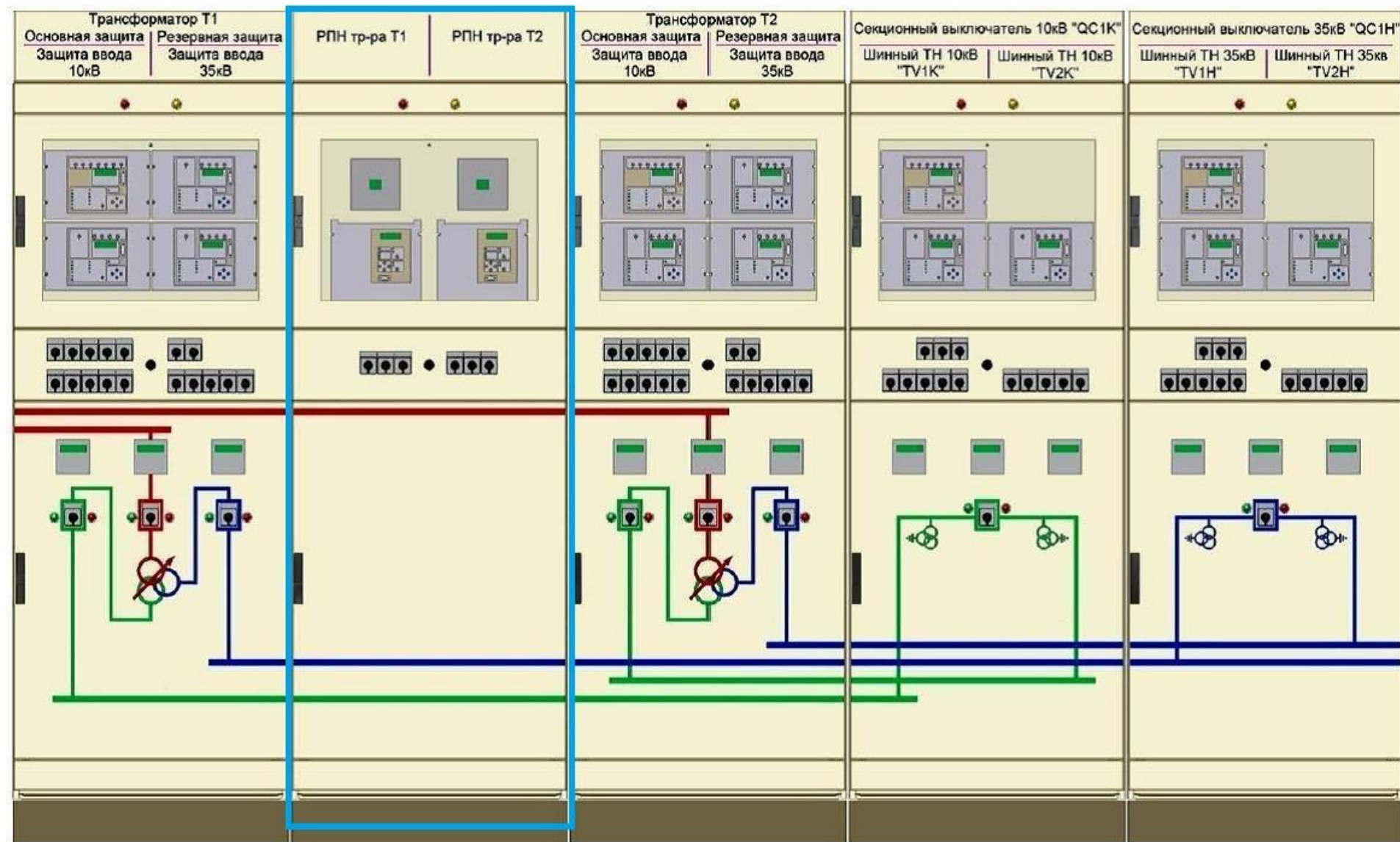






Основные функции устройства «Сириус-2-РН»

- Поддержание заданного выходного напряжения силовых трансформаторов под нагрузкой
- Автоматическое и ручное управление приводом, а также дистанционное переключение ступеней по каналу связи
- Возможность работы с трансформаторами с расщепленной обмоткой и трехобмоточными трансформаторами
- Встроенный логометр – измерение и отображение текущей ступени регулирования для приводов с резистивным датчиком положения привода
- Контроль за состоянием привода с соответствующей сигнализацией и индикацией
- Блокировка регулирования по току, напряжению и по дискретным сигналам
- Токовая компенсация напряжения регулирования с возможностью как суммирования, так и вычитания двух токов
- Возможность прохождения «мертвых» ступеней привода



Указатели положения РПН (логометры)

