Инновационные разработки переключающих устройств и практика их использования в трансформаторах класса напряжения 6, 10, 35, 110, 220 кВ

Елясин М.С. – ведущий инженер-конструктор
Тестова Н.И., Бутенко В.И.

ООО «Тольяттинский Трансформатор»
445601, Россия, г. Тольятти, Самарская обл., ул. Индустриальная, 1
E-mail: tt@transformator.com.ru http://transformator.com.ru/

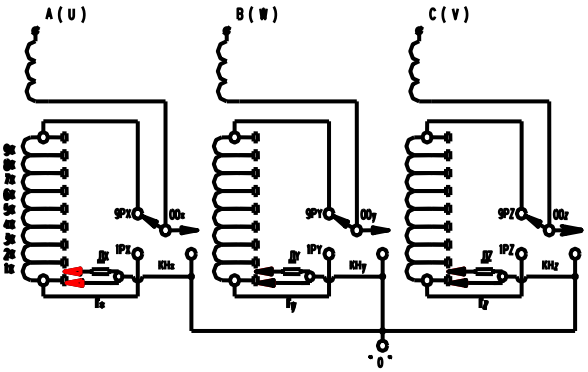
Устройство регулирования напряжения силовых трансформаторов под нагрузкой типа РНТА-У-35/200Р-16/20-93У1 освоено в Тольятти в 1999 году, которое широко используется в основном в трансформаторах собственного производства, а также осуществляется продажа переключающих устройств в виде самостоятельных изделий.

Переключающее устройство РНТА-У-35/200Р-16/20-93У1 (в дальнейшем устройство РПН) устанавливается в нейтрали обмоток ВН и предназначено для ступенчатого регулирования напряжения под нагрузкой силовых понижающих трансформаторов класса напряжения 110 кВ мощностью от 6,3 до 40 МВА включительно.

Структура условного обозначения

РНТА – трехфазное устройство РПН с токоограничивающим резистором
Y – соединение фаз в звезду
35 – номинальное напряжение, кВ
200 – номинальный ток, А
Р – предызбиратель ответвлений для схем с реверсом обмотки трансформатора
16 – число ступеней устройства РПН
20 – число положений устройства РПН
93 – последние две цифры года выпуска рабочих чертежей устройства РПН
У1 – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150

Электрическая схема регулирования



За конструктивную основу устройства РПН принято исполнение в виде переключателя нагрузки.

Конструктивно механизм переключения устройства РПН выполнен в едином блоке:

- механизм управления;
- переключатель нагрузки;
- предызбиратель.

Непосредственно в механизм управления установлен исполнительный элемент – электродвигатель.

Механизм управления обеспечивает:

- собственно переключение;
- выдачу электрического сигнала о переключении;
- выдачу электрического сигнала блокировки при переключении за крайние положения;
- осуществляет электрическую блокировку электродвигателя при установке ручного привода;
- осуществляет механическую блокировку при переключении за крайние положения.

В механизме управления установлен пружинный механизм, обеспечивающий установку контактной системы в фиксированное положение при исчезновении напряжения в цепи питания электродвигателя или в схеме управления при переключении.

Переключатель нагрузки содержит барабан с неподвижными контактами и вращающуюся группу с подвижными контактами.

Барабан и группа контактные выполнены в изоляционном цилиндрической форме баке, что позволило обеспечить достаточную механическую прочность системы подвижных и неподвижных

в начало

Основные технические параметры
переключающего устройства РНТА-Y-35/200Р-16/20

Наименование параметра	Норма
1 Номинальное напряжение, кВ	35
2 Номинальный ток, А	200
3 Номинальное напряжение ступени, кВ	1,33
4 Наибольший рабочий ток регулировочной обмотки, А	220
5 Наибольший допустимый ток переключения при номинальном напряжении ступени, А	440
6 Число ступеней регулирования (с реверсом)/число положений	16/20
7 Ресурс по механической износостойкости без электрической нагрузки, тыс. переключений, не менее	1000
8 Ресурс по электрической износостойкости, тыс. переключений, не менее	500
9 Значение тока короткого замыкания:	
9.1 Ударный ток короткого замыкания, кА, максимальное значение	10
9.2 Установившийся ток короткого замыкания (длительность 4 с), кА	4
10 Испытательное напряжение:	
10.1 Полного грозового импульса, максимальное значение, кВ	
10.1.1 Между контактами нулевой точки и землей	250
10.1.2 Между контактами для присоединения отводов и землей	360
10.1.3 Между крайними контактами одной фазы (диапазон)	240
10.1.4 Между контактами выбранной и предварительной ступени (ступень)	50
10.1.5 Между контактами для присоединения ответвлений обмоток разных фаз	240
10.2 Кратковременные одноминутные промышленной частоты, действующее значение, кВ	
10.2.1 Между контактами нулевой точки и землей	120
11 Номинальное напряжение питания электродвигателя, В	~220/380
12 Номинальное напряжение цепей управления, В	~220
13 Время переключения на одно положение, с	0,6
14 Количество переключений до замены масла переключателя нагрузки, тыс. переключений, не менее	50
15Усилие на рукоятке ручного управления, Н, не более	40
16 Масса механизма переключения без масла, кг, не более	
1 исполнение	260
2 исполнение	271
17 Масса масла, кг, не более 1 исполнение	70
2 исполнение	100
18 Масса шкафа управления, кг, не более	40

контактов, уменьшить отклонение усилий контактных нажатий, повысить срок службы устройства РПН.

Изоляционный бак барабана контактного выполнен герметично, что исключает смешивание масла переключателя нагрузки и трансформатора.

В нижней части механизма переключения расположен предызбиратель, имеющий в своем составе подвижные и неподвижные контакты реверса и нейтрали. Неподвижные контакты имеют серебряное покрытие.

Устройство РПН снабжено указателями положения:

- видимый на верхней крышке (контрольный);
- видимый с земли на верхнем кожухе, устанавливаемый в удобное положение для наблюдения;
- дистанционный с дискретным действием датчик положения.

Установлен датчик температуры, который блокирует переключение при температуре верхних слоев масла ниже минус 25 ^{0}С и в этом случае РПН работает в статическом режиме.

Для защиты от аварийного режима устройство РПН укомплектовано защитным реле РСТ 25-101, которое при протоке масла со скоростью 0,9 м/с и более выдает сигнал на отключение трансформатора. Наряду с реле производства «ОРГРЕС» мы комплектуем переключающие устройства аналогичным защитным реле производства компании EMB, Германия.

Для защиты собственного бака переключателя нагрузки от избыточного давления установлена мембрана, разрушающаяся при давлении 3,5 – 5 атм. и обеспечивающая сброс давления.

Шкаф управления устанавливается отдельно на наружной поверхности бака трансформатора. Он обеспечивает управление:

- местное – от кнопок управления;
- дистанционное – со щита управления;
- автоматическое – от блока регулятора напряжения трансформаторов (АРТ-1), входящего в комплект поставки и выпускаемым нашим предприятием.

В шкафу управления расположены:

- коммутационная аппаратура;
- счетчик числа переключений;
- обогреватель с автоматическим управлением.

Шкаф управления имеет с механизмом переключения только электрические связи (отсутствует механическая система вертикальных и горизонтальных валов).

Для проведения наладочных работ устройство РПН укомплектовано специальным приспособлением – ручным приводом, осуществляющим переключение устройства РПН только при невозбужденном трансформаторе.

Выше приведенные конструктивные решения имеют следующие особенности, выгодно отличающие их от традиционных универсальных устройств РПН:

- совмещенный с устройством привод. Благодаря этому в устройстве отсутствуют соединительные валы и редукторы. Собранное в ООО «Тольяттинский Трансформатор» устройство не требует проверки круговых и временных диаграмм в течение всего срока служба устройства;
- простая кинематическая схема привода (без угловых и поворотных редукторов, валов и червячных передач), при малом времени переключения на одну ступень (0,6 с) позволила надежно дублировать работу электродвигателя и пружинного механизма. При теоретически возможном повреждении одного из этих элементов переключение будет успешно завершено;
- высокий ресурс устройств РПН не потребует замены контактов в течение всего срока службы устройства даже при интенсивной эксплуатации;
- конструкция и материал контактов позволяет устанавливать устройства РПН в трансформаторы с номинальным током соответствующим номинальному току переключения переключающего устройства. При этом устройство РПН обеспечит работу при всех перегрузках, предусмотренных стандартами по нагрузочной способности.

Устройство РПН обеспечивает параллельную работу силовых трансформаторов при использовании двух однотипных устройств РПН, а также в случае, когда одно из них устройство РНТА-У-35/200Р-16/20-93У1, а другое устройство РС-9.

Особенности конструкции, высокая технологическая обеспеченность изготовления, сборки, контроля, процесса испытаний позволили создать надежное удобное в эксплуатации переключающее устройство.

Надежность устройства РПН подтверждена проведенными ресурсными испытаниями на механическую износостойкость – отказ произошел после проведения 3.277.000

переключений вместо 1.000.000, указанных в ТУ.

За 5 лет эксплуатации было лишь несколько случаев отказов устройств РПН. На каждый случай выезжал сервисный специалист (шеф-инженер), проводилось расследование. Основной причиной можно считать включение трансформатора в работу после выполнения переключений ручным приводом без последующего переключения электроприводом.

В целях исключения в дальнейшем таких случаев на механизме управления и в шкафе управления были введены таблички с предупреждающей надписью, такие же предупреждения введены в руководство по эксплуатации и в паспорт каждого трансформатора с устройством РНТА.

Готовность ООО «Тольяттинский Трансформатор» к серийному выпуску устройства РПН была подтверждена приемочной комиссией с участием представителей РАО «ЕЭС России» (акт приемки №48004/6-249 от 17 июля 2002г.).

Технические условия на устройство РПН ИБДШ.674261.023 ТУ согласованы с ОАО «ФСК ЕЭС» и устройство рекомендовано для применения в электрических сетях России.

Устройство РПН сертифицировано. Имеет сертификат соответствия УкрСЕПРО UA 1.043.04852-00 №053934 (Украина) и № РОСС RU. ГП 61. А00507 №3949894 (Россия).

В 2003 году устройство РНТА-Y-35/200-8/9-2000У1 получило Диплом 1-ой степени в конкурсе программы «100 лучших товаров России». На ООО «Тольяттинский Трансформатор» постоянно проводятся работы по повышению качества и надежности устройства РПН.

Так, например, были внедрены стеклоэпоксидные изоляционные цилиндры взамен бумажно-бакелитовых, что позволило повысить прочность изоляции, упростить требования к вопросам сушки, увеличить механическую прочность и надежность работы контактных систем. Также была изменена конструкция крепления резисторов с целью повышения механической и динамической прочности, постоянно ведется поиск более надежных и качественных материалов, изготовителей деталей по кооперации (например, отливки деталей механизма управления, несущего фланца в настоящее время изготавливают для нас на АвтоВАЗе на высокотехнологичном оборудовании, обеспечивающем хорошее качество отливок).

Исходя из практики эксплуатации устройств РПН, были введены специальные таблички и надписи на механизме и в шкафу управления, в руководстве по эксплуатации, предупреждающие о том, что при возбужденном трансформаторе производить переключения ручным приводом запрещается.

В настоящее время на нашем предприятии освоено изготовление 15 типов трансформаторов в исполнениях как с болгарским переключающим устройством, так и с ПУ типа РНТА. Устройства РНТА также возможно использовать для замены устройств РПН типа РС-2, -4, -9 болгарского производства в трансформаторах, подлежащих ремонту.

Для установки РНТА вместо РС на крышке бака трансформатора (без доработки крышки) предусмотрено изготавливать и поставлять вместе с переключающим устройством фланцы, прокладки, крепежные детали.

Следует иметь ввиду, что исходя из конструктивных различий переключающих устройств типа РС и РНТА замена потребует определенных доработок в трансформаторе, а именно:

- удлинения-укорочения регулировочных отводов;
- замены контактных наконечников;
- изменения крепления регулировочных отводов с доработкой или заменой планок;
- применения специальных опорных цилиндров;
- подгонки газоотводной системы от переключателя к расширителю.

В связи с этим мы предлагаем на каждый конкретный трансформатор нашего производства при своевременном обращении заказчика разработать рекомендации в виде чертежей по доработке трансформатора для замены РС на РНТА.

Согласно разработанных рекомендаций вместе с РНТА заказчику будут поставлены все основные детали, необходимые для доработки трансформатора, а именно: контактные наконечники, провод, планки, опорный цилиндр, газоотводные патрубки и т.д.

ООО «Тольяттинский Трансформатор» на базе переключающего устройства РНТА-У-35/200Р-16/20-93У1 освоено переключающее устройство типа РНТА-У-35/200-8/9-2000У1, отличающееся от первого отсутствием предызбирателя, устанавливаемое в нейтрали обмотки ВН и предназначенное для ступенчатого регулирования напряжения под нагрузкой силовых понижающих трансформаторов класса напряжения 35 кВ и мощностью от 2,5 до 10 МВА. Выпускаются эти устройства с 2001 г. На настоящий момент в эксплуатации находятся уже более 200 переключающих устройств такого типа.

Продолжая разрабатывать направление переключающих устройств типа РНТА совместно с ВИТ разработано переключающее устройство РНТА-Y-35/300Р-24/28-96У1.Число ступеней регулирования которого – ±12. Установка - в нейтрали обмотки ВН. Соединение обмоток – Y. Предназначено для понижающих трансформаторов класса

напряжения 220 кВ, мощностью 25 – 120 МВА. ВИТом были изготовлены опытные образцы, проведены их испытания. В настоящее время на нашем предприятии ведется технологическая подготовка производства. В конце 2005 года мы планируем изготовить установочную партию устройств РНТА-Y-35/300Р-24/28-96У1 и провести на полных комплекс квалификационных испытаний.

В последующем ООО «Тольяттинский Трансформатор» планирует освоение нижеследующих переключающих устройств:

а) РНТА-У-10/125-8/9.
Число ступеней – 8.
Трансформаторы класса напряжения 10 кВ, мощностью до 1600 МВА.
Предлагается внедрение устройств РПН для регулирования напряжения под нагрузкой с зоной регулирования (±4х2,5 %) в существующие в настоящее время трансформаторы типа ТМ, имеющие зону регулирования (±2х2,5 %), с помощью ПБВ.

б) РНОА-1-110/800Р-16/20
Число ступеней - ±8.
Установка в линии 110 кВ.
Понижающие автотрансформаторы класса напряжения 220/110 кВ и мощностью 63 – 125 МВА.

в) РНТА-III-35/800Р-16/20
Число ступеней - ±8.
Соединение обмоток – Δ.
Установка – обмотки НН.
Повышающие трансформаторы класса напряжения 35 кВ мощностью 2,5 – 63 МВА.

г) РНТА-III-10/300-8/9
Число ступеней – 8.
Схема соединения обмоток – Δ.
Трансформаторы класса напряжения 10 кВ мощностью до 4000 МВА.

Кроме переключающих устройств обеспечивающих регулирование напряжения трансформаторов под нагрузкой ООО « Тольяттинский трансформатор» изготавливает и большую номенклатуру устройств регулирования напряжения трансформаторов без возбуждения (далее устройства ПБВ).

Устройства ПБВ, разработанные на ООО «Тольяттинский Трансформатор» можно разделить на устройства двух типов: реечные и барабанные. Номенклатура устройств ПБВ приведена в таблице.

Устройства ПБВ	
реечные	барабанные
1. ПТРЛ-10/63-5-00У2.1 2. ПТРЛ-Y-10/63-5-91У1 3. ПТРЛ-Y-10/125-5-95У1 4. ПТР-5-10/63-84 5. ПТРЛ-3/63-2/4-93У1 6. ПТРЛ-10/63-5-01У2.1 7. ПТРЛ-35/200-2-99У2.1	1. ПТ-20-63 2. ПТЛ-35/200-6-91У1 3. ПТЛ-10/320-6-97 4. П-35/320 5. П-35/630 6. П-35/1250 7. П-110/1000 8. П-110/1250

Основные технические параметры
переключающего устройства РНТА-Y-35/200-8/9

Наименование параметра	Норма
1 Номинальное напряжение, кВ	35
2 Номинальный ток, А	200
3 Номинальное напряжение ступени, кВ	1,33
4 Наибольший рабочий ток регулировочной обмотки, А	220
5 Наибольший допустимый ток переключения при номинальном напряжении ступени, А	440
6 Число ступеней регулирования/число положений	8/9
7 Ресурс по механической износостойкости без электрической нагрузки, тыс. переключений, не менее	1000
8 Ресурс по электрической износостойкости, тыс. переключений, не менее	500
9 Значение тока короткого замыкания:	
9.1 Ударный ток короткого замыкания, кА, максимальное значение	10
9.2 Установившийся ток короткого замыкания (длительность 4 с), кА	4
10 Испытательное напряжение:	
10.1 Полного грозового импульса, максимальное значение, кВ	
10.1.1 Между контактами нулевой точки и землей	250
10.1.2 Между контактами для присоединения отводов и землей	360
10.1.3 Между крайними контактами одной фазы (диапазон)	240
10.1.4 Между контактами выбранной и предварительной ступени (ступень)	50
10.1.5 Между контактами для присоединения ответвлений обмоток разных фаз	240
10.2 Кратковременные одноминутные промышленной частоты, действующее значение, кВ	
10.2.1 Между контактами нулевой точки и землей	120
11 Номинальное напряжение питания электродвигателя, В	~220/380
12 Номинальное напряжение цепей управления, В	~220
13 Время переключения на одно положение, с	0,6
14 Количество переключений до замены масла переключателя нагрузки, тыс. переключений, не менее	50
15Усилие на рукоятке ручного управления, Н, не более	20
16 Масса механизма переключения без масла, кг, не более	210
17 Масса масла, кг, не более	70
18 Масса шкафа управления, кг, не более	40

Основные технические параметры
переключающего устройства РНТА-Y-35/300Р-24/28

Наименование параметра	Норма
1 Номинальное напряжение, кВ	35
2 Номинальный ток, А	300
3 Номинальное напряжение ступени, кВ	1,33
4 Наибольший рабочий ток регулировочной обмотки, А	330
5 Наибольший допустимый ток переключения при номинальном напряжении ступени, А	660
6 Число ступеней регулирования (с реверсом)/число положений	24/28
7 Ресурс по механической износостойкости без электрической нагрузки, тыс. переключений, не менее	500
8 Ресурс по электрической износостойкости, тыс. переключений, не менее	300
9 Значение тока короткого замыкания:	
9.1 Ударный ток короткого замыкания, кА, максимальное значение	12,5
9.2 Установившийся ток короткого замыкания (длительность 4 с), кА	5
10 Испытательное напряжение:	
10.1 Полного грозового импульса, максимальное значение, кВ	
10.1.1 Между контактами нулевой точки и землей	250
10.1.2 Между контактами для присоединения отводов и землей	360
10.1.3 Между крайними контактами одной фазы (диапазон)	240
10.1.4 Между контактами выбранной и предварительной ступени (ступень)	50
10.1.5 Между контактами для присоединения ответвлений обмоток разных фаз	240
10.2 Кратковременные одноминутные промышленной частоты, действующее значение, кВ	
10.2.1 Между контактами нулевой точки и землей	120
11 Номинальное напряжение питания электродвигателя, В	~220/380
12 Номинальное напряжение цепей управления, В	~220
13 Время переключения на одно положение, с	0,6
14 Количество переключений до замены масла переключателя нагрузки, тыс. переключений, не менее	50
15Усилие на рукоятке ручного управления, Н, не более	40
16 Масса механизма переключения без масла, кг, не более	390
17 Масса масла, кг, не более	145
18 Масса шкафа управления, кг, не более	40