

# Современное решение повышения надежности электроснабжения ответственных потребителей в сетях среднего напряжения

**И. И. Ушаков**

заслуженный изобретатель ЧР, заслуженный конструктор РФ, руководитель отдела разработки преобразовательной техники для энергетики<sup>1</sup>  
ushakov@vniir.ru

<sup>1</sup>ОАО «ВНИИР», Чебоксары, Россия

**В статье приводятся краткие сведения по новому быстродействующему устройству ввода резервного питания в закрытых распределительных устройствах с двумя и более секциями шин. Показано, что ввод резервного питания на аварийную секцию с минимальным расхождением векторов напряжений резервного источника и аварийной секции позволяет существенно снизить удары тока в сети и динамические воздействия на насосы и трубопроводы.**

## Ключевые слова

тиристоры, тиристорное устройство, быстродействующий, АВР, закрытое распределительное устройство, секции шин, аварийные режимы, регистрация сигналов, прямая и обратная мощности

В последние годы бесперебойное электроснабжение энергохозяйств становится особенно актуально ввиду снижения надежности внешнего электроснабжения из-за коротких замыканий в сетях 110–220 кВ, составляющих более 70% от числа всех аварий в системах электроснабжения. При этом на долю однофазных замыканий на землю приходится около 90%, а на долю 2-х и 3-х фазных коротких замыканий приходится около 9% всех аварий в системах электроснабжения в районах Западной Сибири и Центральной России.

Для повышения надежности электроснабжения ответственных потребителей во ВНИИР разработано и успешно выпускается быстродействующее устройство тиристорное для ввода резервного питания серии УТВР. Его функциональная схема приведена на рис.1.

Устройство тиристорное автоматического включения резерва (АВР) серии УТВР предназначено для установки на электрических подстанциях с двумя вводами переменного тока напряжением 6/10 кВ и служит для автоматического переключения нагрузки при возникновении аварийной ситуации на основном вводе на резервный ввод, на котором остается напряжение. Подключение УТВР осуществляется параллельно электромеханическому секционному выключателю, который шунтирует УТВР в процессе переключения нагрузки на резервный источник питания. Управление переключением нагрузки цифровой контроллер (терминал) TOP-200ABP, входящий в состав системы управления УТВР.

Основные параметры типоразмеров устройства приведены в таблице 1.

В некоторых случаях для защиты силового блока устройства УТВР нами рекомендуется устанавливать в электрической цепи силового блока и защитного выключателя отдельный токоограничивающий реактор. ОАО «ВНИИР» выпускает для этой цели специально разработанные компактные реакторы серии РТС-К 6/10, которые могут встраиваться в шкафы или монтироваться в ячейки КРУ.

Основные характеристики устройства:

- номинальное напряжение силовых цепей

(с допустимыми колебаниями от плюс 10 до минус 20 % относительно номинального значения), кВ .....6,0; 10,0

- номинальное напряжение вторичных цепей постоянного, выпрямленного или переменного тока (с допустимыми колебаниями напряжения от плюс 10 до минус 30% относительно номинального значения), В ..... 110; 220
- номинальная частота, Гц..... 50 ± 1,25
- номинальные напряжения переменного тока с трансформаторов напряжения секций сборных шин, В..... 100
- диапазон контролируемых токов с вторичных обмоток трансформаторов тока (с номинальным током  $I_{т.ном}$ , равным 1 А или 5 А), А.....0,03...50×  $I_{т.ном}$
- интервал времени между отключением аварийного ввода и переключением на резервный ввод, мс, не более..... 20
- мощность потребления по цепи управления, Вт, не более..... 200
- потребление по цепям измерения переменного тока и напряжения, ВА/фазу, не более.....0,5
- степень защиты блока силового по ГОСТ 14254-96 ..... IP 20
- средний срок службы, лет, не менее..... 20
- охлаждение тиристорного блока силового..... естественное воздушное.

Высокое быстродействие УТВР позволяет применять его в системах электроснабжения, предъявляющих жесткие требования к качеству и бесперебойности электроснабжения, и обеспечивает стабильность работы технологического оборудования при переключении на резервный источник питания.

Основная область применения УТВР — распределительные системы предприятий добычи и транспортировки нефти и газа, горно-обогатительных комбинатов, предприятий химической и нефтехимической промышленности, металлургических и машиностроительных заводов.

Повышенное быстродействие АВР с использованием тиристорного коммутатора объясняется тем, что время включения тиристорного коммутатора намного меньше времени включения

Типоразмер устройства	Класс напряжения, кВ	Номинальный ток нагрузки, А (действующее значение), не более	Номинальная мощность трансформатора секции шин, МВА, не более
УТВР-6-630	6	630	6,3
УТВР-6-1600	6	1600	16,0
УТВР-6-2500	6	2500	31,5
УТВР-6-4000	6	4000	40,0
УТВР-10-630	10	630	10,0
УТВР-10-1600	10	1600	25,0
УТВР-10-2500	10	2500	50,0
УТВР-10-4000	10	4000	63,0

Таб. 1 – Основные параметры типоразмеров устройства

секционного выключателя. В результате ЭДС двигателя на аварийной секции не успевает значительно уменьшиться, и двигатель подключается через открытые тиристоры к резервной секции без больших бросков тока и момента на валу. Далее тиристорный коммутатор шунтируется секционным выключателем.

При отсутствии аварийной ситуации на вводах электрической подстанции и наличии номинального напряжения на обеих секциях шин устройство работает в ждущем режиме, вводные и защитный выключатели включены.

#### Основные функции УТВР:

- постоянный контроль наличия напряжения в цепях основного и резервного источников питания;
- непрерывное сравнение текущих значений напряжения основного и резервного источников питания с заранее заданными максимальным и минимальным допустимыми значениями напряжения;
- постоянный контроль правильности чередования фаз основного и резервного источников сетевого питания;
- определение разности векторов напряжений одноименных фаз двух секций шин, определение наличия обратного потока мощности;
- автоматическое восстановление электропитания потребителей электрической энергии путем присоединения резервного

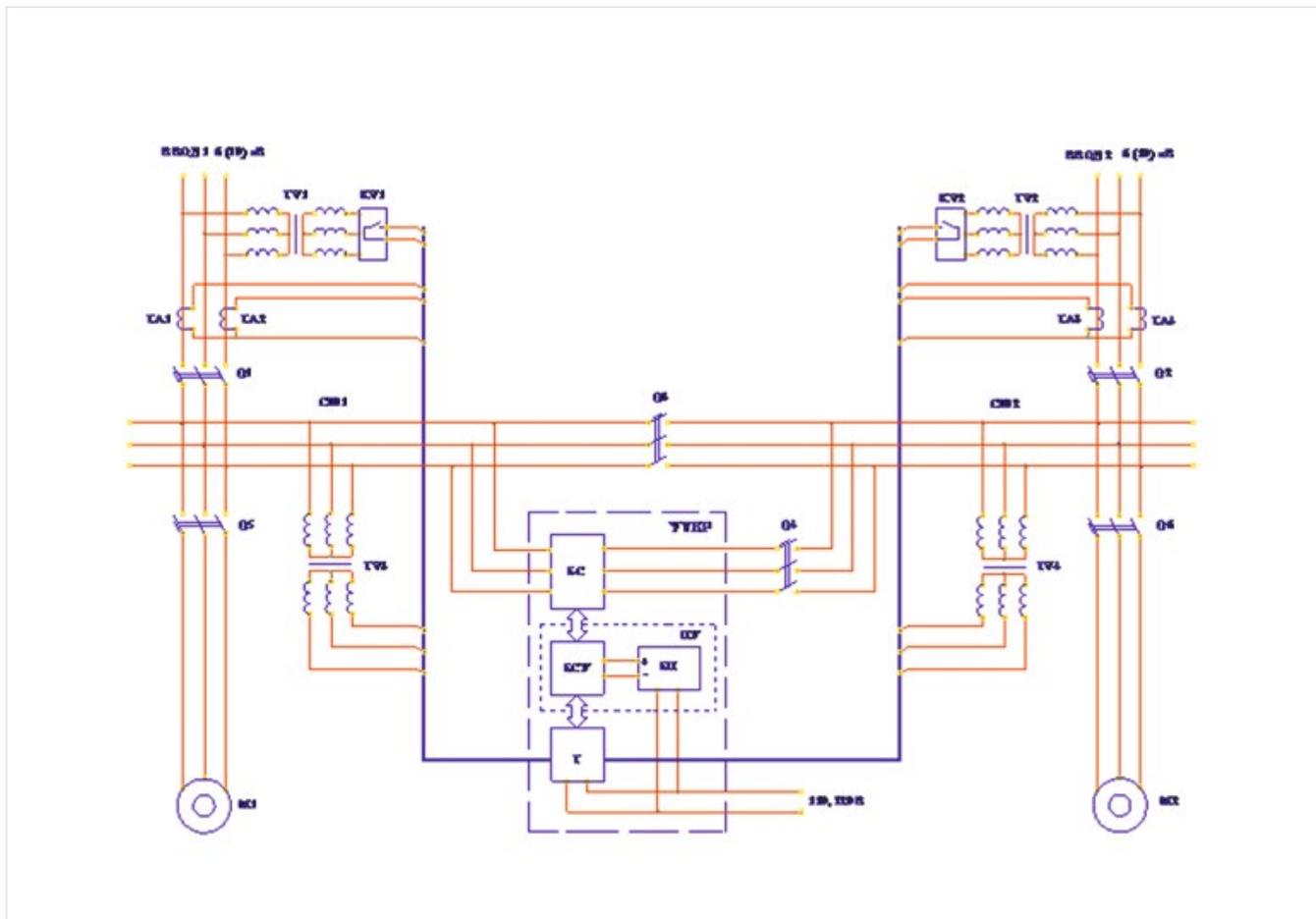
источника питания в случаях пропадания напряжения основного источника питания, выходе его за заданные пределы или изменения чередования фаз;

- автоматическое отключение выключателя неисправного ввода, включение тиристорного коммутатора, включение секционного выключателя;
- автоматическая блокировка УТВР при возникновении аварийных режимов короткого замыкания (однофазных, двухфазных и трехфазных) на секции шин или в отходящем фидере;
- обеспечение возврата с заданной выдержкой времени к доаварийной схеме питания электроустановок потребителя после восстановления основного источника питания.

Области использования УТВР и смысл применения быстродействующего АВР совпадает с применением устройств плавного пуска (УПП) электродвигателей серии УБПВД, успешно выпускаемых ОАО «ВНИИР» с 2001 года: снизить при включении электродвигателей максимальные (ударные) значения тока и момента в электродвигателях, броски тока в электросети, гидравлические удары в трубопроводах. При этом следует отметить отличия между ними: электросети и трубопроводы при работе УПП работают в облегченных режимах, т.к. пуск электродвигателей выполняется поочередно и при закрытых задвижках на трубопроводах. При работе АВР происходит

подключение к резервному источнику питания одновременно всех нагрузок аварийной секции шин, находящихся в рабочих режимах при открытых задвижках. При этом происходит не только скачок потребления энергии из сети, но и потребление части энергии из электродвигателей исправной секции. Из вышесказанного очевидно — очень важно осуществлять АВР с минимальными бросками тока.

Величина тока в нагрузках и электросети при АВР зависит от ряда параметров — быстродействия АВР, моментов инерции электродвигателей и механизмов, величины нагрузки механизмов (насосов, компрессоров и т. д.), а также от величины недвижимой нагрузки на секции, потребляющей энергию из электродвигателей при аварийном отключении ввода. При неблагоприятном сочетании указанных параметров — низком моменте инерции, полной нагрузке на механизмах и величине недвижимой нагрузки более 30% максимальное значение тока при АВР с реальным быстродействием 0,05–0,1 секунды может достигать величины 6–7 кратных значений суммарного номинального тока нагрузок. Это обстоятельство ведет к снижению надежности работы механизмов, электросетей и трубопроводов, что не устраивает эксплуатационный персонал на ответственных объектах. Повышение быстродействия АВР до уровня 20 мс., или



KV1, KV2 — реле напряжения; M1, M2 — электродвигатели; Q1, Q2 — вводные выключатели; Q3 — секционный выключатель; Q4 — защитный выключатель; Q5, Q6 — выключатели нагрузок секций; ТА1...ТА4 — трансформаторы тока; TV1, TV2 — трансформаторы напряжения (собственных нужд или измерительные); TV3, TV4 — трансформаторы напряжения измерительные; БП — блок питания; БС — блок силовой (тиристорный коммутатор); БСУ — блок системы управления; ПУ — панель управления; СШ1, СШ2 — секции шин; Т — терминал серии TOP 200-ABP производства ООО «ИЦ Бреслер»

Рис. 1 — Функциональная схема быстродействующего устройства тиристорного для ввода резервного питания серии УТВР



Рис. 2 — Внешний вид БС



Рис. 4 — Внешний вид TOP 200-ABP

инного приемлемого уровня, позволяет снизить указанные значения до 2–3 кратных значений, что допустимо для большинства применений.

В системе управления УТВР реализована новейшая концепция распределенной системы, состоящая из трех микроконтроллеров (МК), установленных в трех фазах блока БС, центральной системы управления и внешнего контроллера TOP-200 ABP. МК осуществляют мониторинг исправности и нагрева тиристоров, передают по оптоволоконным кабелям информацию в центральную систему управления (в блок БСУ). Связь между МК и БСУ, также между БСУ и TOP-200 ABP выполняется по оптоволоконным кабелям.

По сравнению с аналогами, наличие контроля состояния и нагрева тиристоров позволяет не только осуществлять защиту тиристоров, но и уверенно осуществлять повторные включения резервного источни-

ка, что особенно важно в грозовой период года. БСУ управляет тиристорами и осуществляет их защиту по сигналам датчиков тока, встроенных в фазы БС. TOP-200 ABP осуществляет непрерывный мониторинг напряжений и токов секций шин, а также связь с АСУ верхнего уровня энергоподстанции. В случае аварии, требующей ввода резервного источника питания, он выдает команды на отключение выключателя аварийного ввода, включение БС, включение секционного выключателя. TOP-200 ABP содержит регистратор сигналов напряжений и токов на секциях шин, а также логических сигналов с Q1-Q4, МК и БСУ.

#### Конструкция УТВР

Устройство изготовлено в габарите стандартного вакуумного выключателя и поэтому легко встраивается в конструктивы различных стандартных высоковольтных ячеек КРУ типов С-410, К59, К63, К104М, КСО 299,

КСО 298, К37 и др.

Устройство состоит из блока БС, расположенного в отсеке выключателя ячейки КРУ или КСО, и системы управления (СУ). Подключение БС к СУ осуществляется оптоволоконным кабелем и соединительным жгутом с разъемным соединителем.

СУ конструктивно состоит из панели управления (ПУ), блока контроллера (терминала TOP 200-ABP) и комплекта коммутационной и сигнальной аппаратуры. СУ монтируется в низковольтном релейном отсеке ячейки, при этом ПУ располагается на монтажной раме релейного отсека, а терминал размещается на двери релейного отсека.

#### Выводы

Применение тиристорного устройства УТВР позволяет повысить надежность выполнения АВР, а также снизить удары тока в сети и динамические воздействия в механизмах и трубопроводах.



Рис. 3 — Внешний вид УТВР в ячейке С-410

ENGLISH

ELECTRICAL ENGINEERING

## Modern solution of power supply reliability increase of responsible consumers in medium-voltage networks

UDC 621.3

#### Authors:

**Igor I. Ushakov** — honoured inventor of Chuvash Republic, honoured constructor of Russian Federation, Head of Electric Drives Development Department for Power Engineering\*; [ushakov@vniir.ru](mailto:ushakov@vniir.ru)

\*JSC "VNIIR", Cheboksary, Russian Federation

#### Abstract

The article provides brief information about new fast-operating automatic standby activation device is located in indoor switchgear with two and more bus bars. Fast-operating automatic standby activation device allows connecting between reserve switching supply and alarm bus bar with minimum

difference between voltage vectors. It also reduces current blow in a grid and dynamic influence in pumps and pipelines.

#### Conclusions

Thyristor device's application allows improving of automatic standby activation device's reliability performance. Also it will reduce current

blow in a grid and dynamic effect in mechanisms and pipelines.

#### Keywords

Thyristors, Thyristor's device, fast-operating, high-performance, automatic standby activation, indoor switchgear, bus bar, emergency mode, signal registration, direct and return power.