

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВСТО

■ Н.А. Мишуков (ООО «Востокнефтепровод»)

■ Е.З. Зайцев (ОАО «Гипротрубопроект»)

Рассказано о применении тиристорных устройств автоматического ввода резерва (ТАВР), используемых для повышения надежности работы систем электроснабжения НПС на магистральном нефтепроводе Восточная Сибирь – Тихий океан.

Современные нефтеперекачивающие станции представляют собой высокотехнологичное производство, связанное с подготовкой и перекачкой нефтепродуктов по магистральным нефтепроводам. Одним из видов основного энергетического оборудования НПС ТС ВСТО являются электродвигатели 10 кВ магистральных и подпорных насосных агрегатов. Надежность работы электродвигателей в основном определяет надежность работы всей НПС.

Системы электроснабжения НПС, как правило, построены по «классической» схеме – два питающих понизительных трансформатора, распределительное устройство с двумя секциями сборных шин и установленный между секциями секционный выключатель с устройством автоматического включения резерва (АВР). В настоящее время распределительные устройства оснащаются более совершенными и быстродействующими средствами релейной защиты разных типов и производителей (БМРЗ, SPAC, Schneider Electric, Sepam и др.). Алгоритм работы АВР заключается в определении неисправной секции сборных шин по уровню остаточного напряжения (не более $0,4 U_{ном}$), отключении неисправного ввода и включении секционного выключателя с определенной выдержкой времени. При этом происходит остановка электродвигателей основных насосных агрегатов. В тех случаях, когда удается сохранить в работе электродвигатели на стороне 6–10 кВ, их включение на исправную секцию сборных шин сопровождается переходными пусковыми процессами, сравнимыми с процессами прямого пуска электродвигателей. Это отрицательно сказывается как на надежности электроснабжения, так и на надежности самого основного электрооборудования, включая электродвигатели и коммутационное оборудование распределительных устройств НПС.

Для повышения надежности работы систем электроснабжения НПС ТС ВСТО был выполнен проект с применением тиристорных устройств автоматического ввода резерва – ТАВР.

Алгоритм работы ТАВР должен включать в себя следующие действия:

- распознавание неисправного ввода за время 0,02–0,04 с;
- отключение выключателя неисправного ввода сразу после определения его неисправности, до достижения уровня остаточного напряжения $0,4 U_{ном}$ на неисправной секции сборных шин;
- последующее синхронное переключение электродвигателей неисправной секции сборных шин на исправную секцию, с углом фазового рассогласования не более $+20$ электрических градусов;
- контроль и восстановление нормальной схемы электроснабжения НПС после появления напряжения на отключенном вводе;

- блокировка работы штатного устройства АВР при работе ТАВР и автоматическое включение резерва при выводе ТАВР из работы;

- блокировка работы ТАВР при коротких замыканиях после вводных выключателей;

- контроль работы выключателей распределительного устройства, управляемых от ТАВР;

- выдача соответствующих команд в цепи телесигнализации.

Алгоритм работы ТАВР приведен на рисунке 1.

Устройство ТАВР предназначено для установки в распределительных устройствах (РУ) напряжением 6–10 кВ и служит для повышения надежности работы электропотребителей при потере питания на одном из вводов 10 кВ. ТАВР производит синхронное переключение неисправной секции сборных шин на резервный ввод. При восстановлении напряжения на отключенном

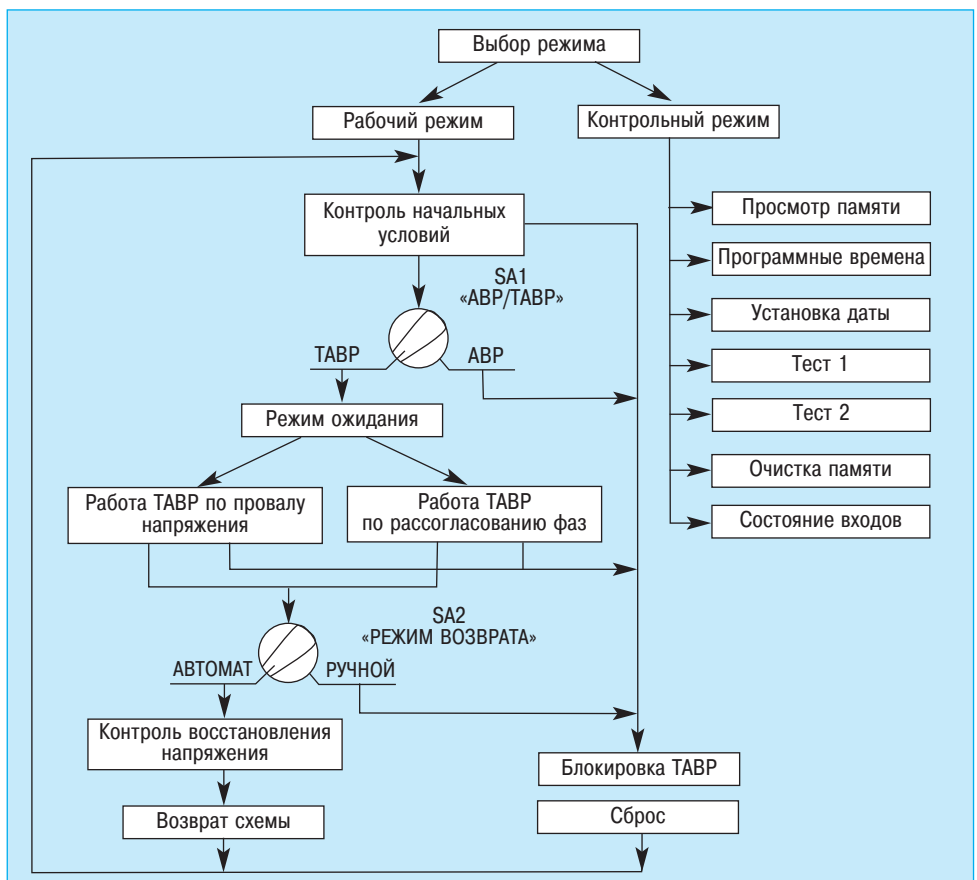


Рис. 1. Алгоритм работы ТАВР

вводе ТАВР осуществляет включение вводного выключателя с последующим отключением секционного выключателя. ТАВР может работать в автоматическом и полуавтоматическом режимах. В режиме «Автоматический» восстановление штатной схемы РУ после работы ТАВР происходит автоматически после появления питающего напряжения на неисправном вводе, в режиме «Ручной» действия по включению и отключению коммутационных аппаратов производит оперативный персонал. ТАВР обеспечивает регистрацию напряжений и токов при работе в режиме автоматического включения резерва, позволяет осуществлять обмен информацией о текущем состоянии ТАВР с внешними системами сбора данных по интерфейсу RS-485 в соответствии с протоколом MODBUS RTU.

Применяемый на НПС трубопроводной системы ВСТО ТАВР-10 кВ предназначен для сохранения в работе электропотребителей с двигательной нагрузкой при возникновении аварийного режима – потери питающего напряжения на одном из вводов 6–10 кВ распределительного устройства – путем максимально быстрого переключения на исправный ввод без возникновения переходных процессов, обусловленных наличием сверхтоков. Оптимизация переходных про-

цессов обеспечивается синхронизацией момента включения ТАВР с углом расхождения фаз напряжений исправной секции шин в диапазоне от 0 до 30 электрических градусов. При отсутствии двигательной нагрузки на аварийной секции шин или при снижении на ней напряжения ниже $0,3 U_{ном}$ ТАВР осуществляет переключение без синхронизации.

В распределительных устройствах ТАВР устанавливается параллельно штатному секционному выключателю. Для защиты тиристорных силовых модулей коммутатора ТАВР от импульсных коммутационных перенапряжений, связанных с коммутацией вакуумных выключателей, в местах подключения коммутатора установлены ограничители перенапряжений.

Нарушения в работе системы электропитания РУ происходят по следующим причинам:

- отключение линий, питающих вводные выключатели;
- отключение вводного выключателя;
- короткое замыкание до вводных выключателей;
- короткое замыкание после вводных выключателей.

Первые две ситуации характеризуются отсутствием тока через вводной выключатель и выбегом электродвигателей, сопро-

вождающимся увеличением угла фазового рассогласования между одноименными напряжениями на поврежденной секции и напряжениями на исправной секции.

В этих случаях система управления ТАВР выявляет расхождение фазового угла более чем на 15 электрических градусов во всех трех фазах и отсутствие тока через ввод. При выполнении этих условий выдается команда на отключение вводного выключателя. После получения сигнала об отключении ввода система управления выполняет проверку возможности подключения двигательной нагрузки на секцию, оставшуюся под напряжением без возникновения сверхтоков, что возможно, если угол фазового рассогласования не превышает 30 электрических градусов, и при выполнении этого условия выдает команду на включение тиристорного коммутатора. После проверки наличия и величины токов через тиристорный коммутатор выдается команда на включение секционного выключателя, и при получении подтверждения о его включении тиристорный коммутатор ТАВР отключается.

Короткие замыкания в системе характеризуются значительными снижениями напряжения на аварийной секции шин, как правило, ниже $0,6 U_{ном}$. При этом датчики контроля напряжения секции шин срабатывают как на понижение напряжения, так и на его превышение относительно вводного выключателя.

При коротком замыкании до вводного выключателя через установленный на нем трансформатор тока протекает ток, обусловленный током подпитки от двигательной нагрузки. Этот ток меньше уставки максимального тока (I_{max}) датчика тока, и в этом случае не формируется сигнал наличия I_{max} .

Таким образом, при снижении напряжения секции шин хотя бы в одной фазе ниже $0,6 U_{ном}$ или до вводного выключателя ниже $0,9 U_{ном}$ и отсутствии сигнала I_{max} датчика тока выдается команда на отключение вводного выключателя. После получения сигнала об отключении ввода система управления производит проверку напряжения на шинах до вводного выключателя, и при величине напряжения ниже $0,9 U_{ном}$ и вхождении угла фазового рассогласования в установленный допуск ± 30 электрических градусов дается разрешение на включение тиристорного коммутатора.

При коротком замыкании после вводного выключателя через трансформатор тока протекает ток короткого замыкания системы, что приводит к срабатыванию канала максимального тока в датчике тока. В этом случае работа ТАВР запрещена.

Все перечисленные переключения производятся при напряжении на исправной секции шин выше $0,8 U_{ном}$. В случае пони-

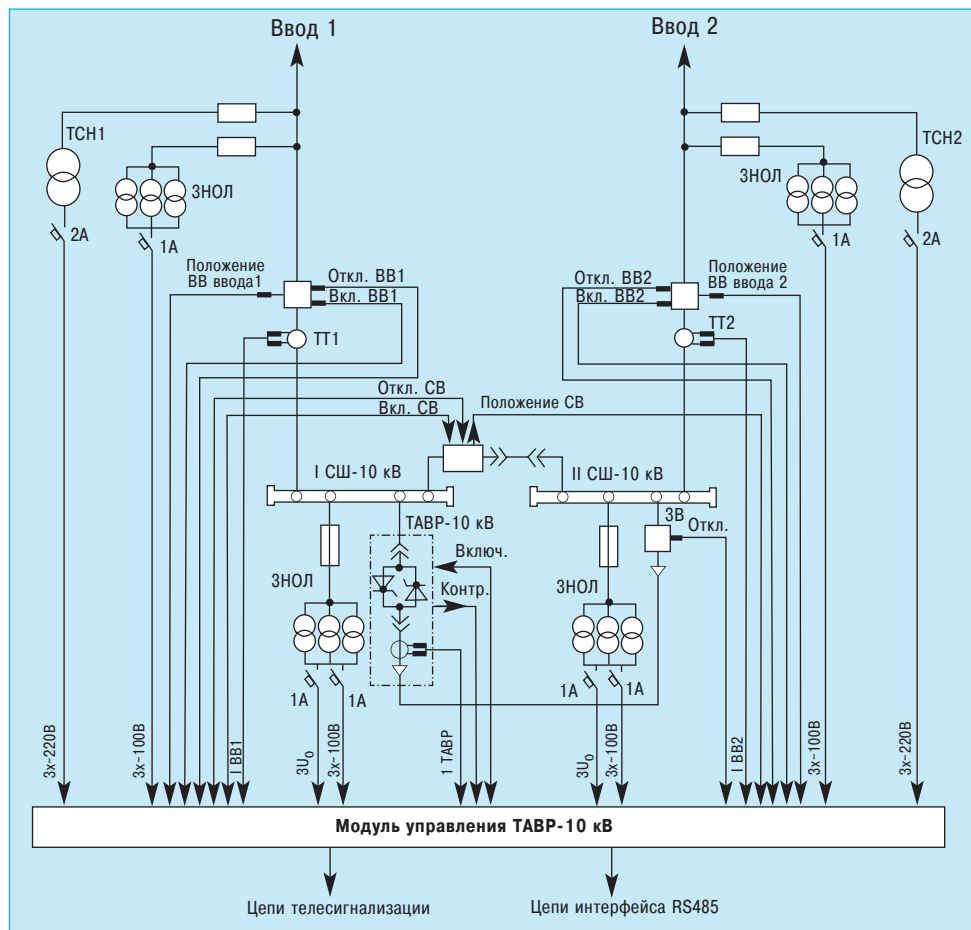


Рис. 2. Типовая ситуационная схема включения ТАВР в состав распределительного устройства 6–10 кВ НПС

жения напряжения в аварийных ситуациях ниже этого уровня в течение времени более 20 мс ТАВР блокируется и дает разрешение на работу штатного АВР.

В отличие от штатного секционного выключателя ТАВР за счет своего быстрого действия позволяет выявить все аварийные ситуации в системе и осуществить точную синхронизацию напряжений электродвигателей с напряжением исправной секции шин исключая обусловленные образованием сверхтоков переходные процессы.

В режиме автоматического восстановления штатной схемы РУ после включения секционного выключателя контролируется величина напряжения на отключенном вводе. После восстановления напряжения выше уровня $0,9 U_{ном}$ включается отключенный ранее вводной выключатель, а затем отключается секционный выключатель.

В настоящее время разработан и изготавливается вариант модуля управления ТАВР со встроенным электронным регистратором работы устройства ТАВР в аварийный период. Регистратор фиксирует токи вводных выключателей, токи через тиристорный коммутатор и напряжения на секциях сборных шин РУ для анализа работы устройства ТАВР и коммутационной аппаратуры РУ в аварийный период.

При установке ТАВР нет необходимости принимать специальные меры для удержания во включенном состоянии контактной аппаратуры на стороне 0,4 кВ, т. к. при высоком быстродействии ТАВР уровень остаточного напряжения на отключенной секции шин не опускается ниже $0,7 U_{ном}$.

Для синхронного переключения нагрузки неисправной секции сборных шин на исправную секцию были разработаны силовые тиристорные коммутаторы среднего класса напряжения 10 кВ. В зависимости от мощности питающих трансформаторов, коммутаторы выпускаются на различные токи, вплоть до мощности питающих трансформаторов 63000 кВА.

Логика модуля управления ТАВР отвечает современным требованиям по надежности и сервисному обслуживанию. Микроконтроллер основной логики имеет встроенное жидкокристаллическое табло, на котором отражаются все основные параметры работы системы ТАВР и коммутационных аппаратов распределительных устройств. Объем памяти микроконтроллера позволяет содержать информацию о десяти последних пусках системы ТАВР. Величину и значение уставок контролируемых параметров тока и напряжения можно вводить непосредственно с клавиатуры панели управления

микроконтроллера после набора разрешительного кода. Модуль управления имеет встроенную тестовую программу проверки исправности устройства ТАВР без вывода его из работы.

Устройства ТАВР 6/10 кВ разработаны для установки в стандартных ячейках распределительных устройств К-59, К-63 и К-104. По отдельному заказу устройства ТАВР изготавливаются для любых ячеек распределительных устройств. Тиристорный коммутатор монтируется на выкатной тележке ячейки, его силовые контакты по расположению соответствуют типу ячейки КРУ. Модуль управления монтируется в шкафу релейного отсека ячейки. На ГНПС «Тайшет» применяется схема установки ТАВР, представленная на рис. 2. Для предотвращения аварийных режимов при неисправностях, возникших в системе ТАВР, дополнительно устанавливается защитный выключатель.

В настоящее время не существует других устройств подобного типа, способных произвести переключение электродвигателей с отключенной секции сборных шин на секцию, оставшуюся под напряжением.

Установка устройств ТАВР позволяет решить большинство проблем, связанных с перебоями в электроснабжении НПС со стороны энергосистем.

СИСТЕМЫ СГЛАЖИВАНИЯ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ

■ С.А. Коломенсков, О.В. Мурашов (ОАО «Верхневолжскнефтепровод»)

Описаны типы систем сглаживания волн давления (ССВД), применяемых в ОАО «Верхневолжскнефтепровод». Приведен расчет экономического преимущества ССВД, разработанных в ОАО «АК «Транснефть».

В процессе эксплуатации магистральных нефтепроводов периодически происходит пуск и остановка насосных агрегатов на насосных перекачивающих станциях. Кроме плановых остановок пусков насосных агрегатов, связанных с необходимостью изменения режима работы нефтепровода, могут происходить несанкционированные остановки насосов или всей НПС.

При остановке насосного агрегата или НПС на приеме станции происходит резкое изменение скорости движения нефти, и вследствие инерционности потока происходит рост давления, причем скорость нарастания давления может достигать нескольких МПа в секунду. При этом формируется волна высокого давления, перемещающаяся со скоростью, близкой

к скорости звука в направлении предшествующей НПС.

На входе в НПС рабочее давление на порядок меньше давления, определяющего несущую способность трубопровода, а запас по прочности значителен. Иная ситуация на выходе НПС, предшествующей остановившейся: рабочее давление здесь может достигать предела несущей способности трубопровода. И несмотря на затухание волны давления при перемещении по трубопроводу, скачок давления от гидроудара может оказаться достаточным для разрушения трубопровода и запорной арматуры.

Для защиты трубопровода и оборудования от разрушительных волн давления были разработаны системы сглаживания волн давления и защиты от гидроудара (ССВД).

ПРИНЦИП РАБОТЫ ССВД

Сглаживание с помощью ССВД волны давления, образующейся на входе в НПС при ее остановке, производится за счет сброса «лишней» нефти из трубопровода в безнапорную емкость. Тем самым исключается быстрое торможение потока нефти в трубопроводе, приводящее к резкому росту давления. При этом система настроена таким образом, что сбросные клапаны открываются ровно настолько, чтобы обеспечить нарастание давления в строго заданных пределах (0,01–0,03 МПа в секунду).

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ССВД

Долгое время в трубопроводной системе АК «Транснефть» использовались ССВД, поставляемые зарубежными разработчиками. Подавляющее большинство нефтепроводов АК «Транснефть» оснащено ССВД Аркрон 1000. В последние годы на некоторых НПС были установлены ССВД американской фирмы «Дэниел». В 2005 году в АК «Транснефть» были разработаны новые