

НОВЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ

Т. Эрикссон, Й. Магнуссон, Й. Нохлерт, Б. Готшлих, П. Йост (ABB)

Рассмотрена структурная схема и основные функциональные возможности автоматического выключателя, ограничивающего ток короткого замыкания (АВОТКЗ), разработанного компанией АВВ. Автоматический выключатель сочетает в конструкции современные силовые полупроводниковые приборы и сверхбыстродействующие механические переключатели для обнаружения и ограничения токов короткого замыкания в течение единиц миллисекунд. Рассмотрены возможные схемы подключения АВОТКЗ в сеть. В настоящий момент реализуется пилотный проект, в котором АВОТКЗ используется на основной электрической подстанции Лондона.

Ключевые слова: автоматический выключатель, ток короткого замыкания, пилотный проект, электрическая подстанция, устройство динамического сопротивления, быстрое прерывание.

Децентрализованные системы производства энергии, такие как системы комбинированного производства тепла и электроэнергии (КПТЭ), позволяют значительного сократить выбросы CO₂ в крупных городских районах.

Обеспечение безопасного подключения децентрализованных систем производства энергии к сети без значительных дополнительных затрат было давней проблемой в электроэнергетике. Для решения этой задачи компания АВВ разработала автоматический выключатель, ограничивающий ток короткого замыкания (АВОТКЗ). Устройство предназначено для безопасного и недорогого подключения к сети углеродно-нейтральных энергетических устройств, таких как установки КПТЭ [1].

Автоматический выключатель сочетает современные силовые полупроводниковые приборы и сверхбыстродействующие механические переключатели для обнаружения и ограничения токов короткого замыкания за несколько тысячных долей секунды, что в 20 раз быстрее любых существующих автоматических выключателей.

Компания UK Power Networks — оператор распределительной электрической сети, охватывающей Лондон, юго-восток и восток Англии, недавно заявил, что он первым в мире установил АВОТКЗ на подстанции в Тауэр-Хэмлетс в восточном Лондоне (Великобритания).

Быстрее, меньше, дешевле

Новые сверхбыстрые автоматические выключатели на четверть меньше и вдвое дешевле ограничителей, базирующихся на конкурирующих технологиях, и, как ожидается, откроют возможность для подключения к городской сети дополнительных 460 МВт от оборудования для распределенного производства энергии. Преимущества новых выключателей особенно очевидны по сравнению с обычными автоматическими выключателями, в которых ток прерывается путем размыкания контактного зазора с помощью

механических контактов и гашения дуги. В таких автоматических выключателях весь ток короткого замыкания протекает через выключатель и остальную часть сети в течение 50...100 мс. Если все последующие подстанции и компоненты сети рассчитаны на такой ток, замыкание устраняется безопасно. Но, если планируется добавить в сеть новое оборудование для распределенного производства энергии, существует риск того, что этот расчетный предел будет превышен, и в таком случае необходимо будет осуществлять другие мероприятия. Одним из возможных вариантов является внедрение устройства, которое будет ограничивать ток короткого замыкания до уровня ниже критического расчетного значения электросети, то есть ограничитель тока короткого замыкания (ОТКЗ).

Последний должен быть настолько быстрым, чтобы ограничивать ток в течение единиц, а не десятков миллисекунд. В этой связи уже много лет используются два основных понятия: динамическое сопротивление и быстрое прерывание.

Устройства динамического сопротивления оказывают незначительное влияние на сеть при нормальных условиях эксплуатации, но быстро увеличивают свое сопротивление во время замыкания, тем самым ограничивая максимальное значение пикового тока. Примерами устройств такого типа являются электромагнитные и сверхпроводниковые ограничители тока короткого замыкания [2]. Их основная особенность заключается в том, что они ограничивают максимальное значение пикового тока, но не прерывают ток полностью. После устранения замыкания сопротивление восстанавливается, и возобновляется работа в расчетном режиме. Общим недостатком является то, что данные устройства в большинстве случаев большие, тяжелые и требуют дополнительного низкотемпературного охлаждения, так как основаны на сверхпроводниковой системе. Преимущество

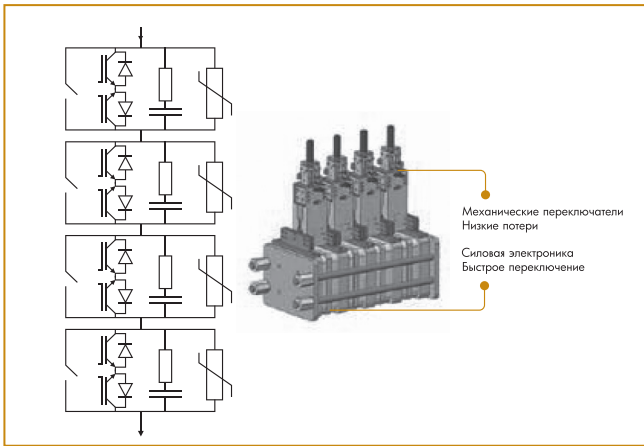


Рис. 1. Модульный принцип АВТКЗ

данной технологии заключается в конструктивной отказоустойчивости таких решений, поскольку наиболее вероятные режимы отказа приводят к переходу системы в состояние с высоким сопротивлением, когда токи перегрузки ограничены.

Быстрое прерывание заключается в ограничении тока короткого замыкания путем его прерывания до достижения им критического расчетного предела. Оно должно происходить за несколько миллисекунд. Примером такого устройства является уже доступный к продаже I_s -ограничитель [3], состоящий из устройства быстрого обнаружения тока короткого замыкания и быстрого переключателя, подключенного параллельно с предохранителем. При обнаружении замыкания пироприбор размыкает переключатель, переключающий ток на предохранитель. Он плавит предохранитель и таким образом прерывает ток.

Следующим вариантом быстрого прерывания тока короткого замыкания является внедрение силовых полупроводниковых приборов. Такие приборы способны прерывать ток в течение микросекунд и могут легко переключаться обратно удаленно после устранения замыкания. Это является преимуществом по сравнению с использованием предохранителей, требующих ручной замены после срабатывания устройства. Однако силовые полупроводниковые приборы дорогие и требуют дополнительного охлаждения, особенно при более высоких номинальных токах.

Гибридное решение

Автоматический выключатель, ограничивающий ток короткого замыкания, разработанный АBB, имеет значительные преимущества по сравнению с рассмотренными технологиями. В отличие от I_s -ограничителя, в котором пиротехническое устройство и предохранитель нужно заменять после каждого срабатывания (устройство одноразового применения), гибридный АВТКЗ предназначен для многих срабатываний как с током, так и без него. Гибридное решение обеспечивает быстрое переключение силовых полупроводниковых приборов и низкие потери механических переключателей. В результате получилось более компактное решение вместо

пассивных устройств динамического сопротивления, что позволило внедрить его в густонаселенных городских районах, где трудно использовать другие технологии.

Гибридный АВТКЗ имеет три конструктивных элемента – быстрый механический переключатель, силовую электронику и ограничитель перенапряжения (рис. 1). При работе в расчетном режиме ток протекает через механический переключатель с очень низкими потерями. При обнаружении замыкания переключатель размыкается, и напряжение дуги передает/переключает ток на силовую электронику (СЭ). На втором этапе СЭ отключается, и ток переключается на ограничитель перенапряжения. Ограничитель предназначен для создания противодействующего напряжения, превышающего напряжение системы, тем самым, приводя ток к нулю. Вторым важным параметром конструкции ограничителя перенапряжения является способность рассеивать накопленную индуктивную энергию во время прерывания (рис. 2). Схематический пример прерывания по сравнению с полным ожидаемым током короткого замыкания показан на рис. 3.

Быстрый переключатель

Для реализации гибридного подхода, характеризующегося временем прерывания < 1 мс, которое потенциально необходимо для ожидаемого тока короткого замыкания 25 кА, необходим сверхбыстрый механический переключатель. Из последовательности прерываний, показанной на рис. 3, видно, что размыкание контактов должно происходить примерно через 0,35 мс после обнаружения замыкания или определения тока короткого замыкания. Это достигается за счет сочетания контактной системы специальной облегченной конструкции и системы электромагнитного привода. Такое сочетание обеспечивает надлежащее время реакции и ускорение.

Эксплуатационные характеристики

Для экспериментальной установки на подстанции UK Power Networks в Тауэр-Хэмлетс – разработанной в качестве совместного пилотного проекта компаний АBB и UK Power Networks под названием Powerful CB (мощный автоматический выключатель), были сформулированы основные требования к АВТКЗ.

Основные технические требования к АВТКЗ

Номинальное напряжение, кВ.....	12
Номинальный ток, А.....	2000
Ожидаемый ток короткого замыкания, кА.....	25
(действующее значение)	
Ограничение тока, кА.....	13
(пиковое значение)	
Время ограничения тока после обнаружения замыкания, мс.....	< 1

В [4] отмечено, что эти требования достижимы с помощью предложенного гибридного подхода. В ходе

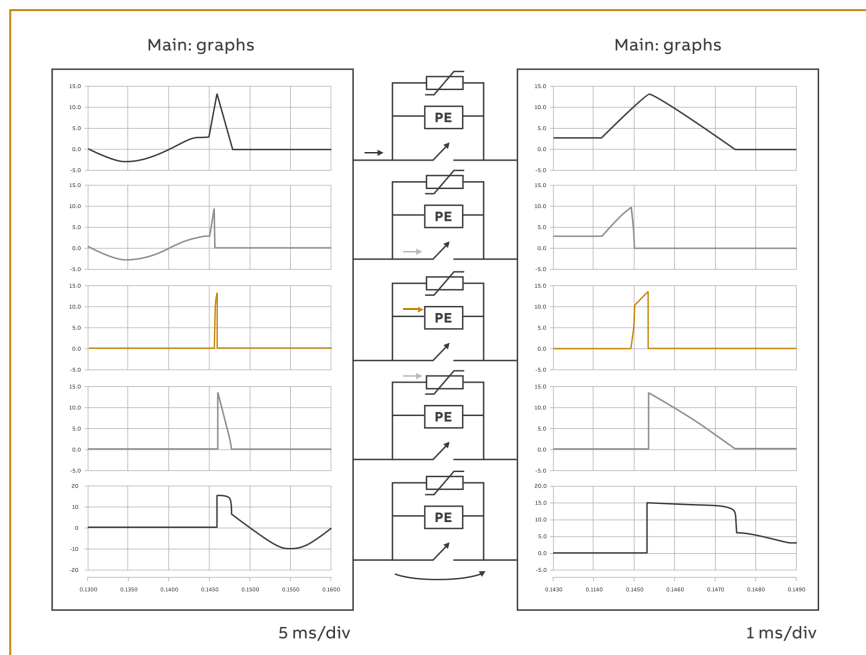


Рис. 2. Смоделированные токи через АВОТКЗ, напряжение на АВОТКЗ и время срабатывания

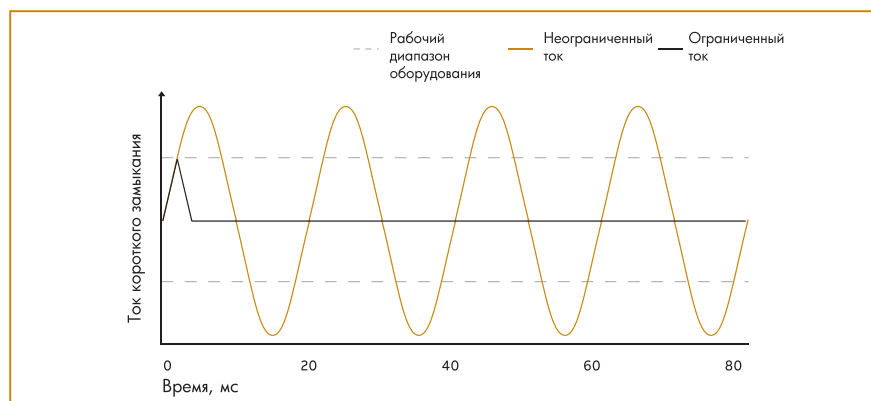


Рис. 3. Ограничение тока короткого замыкания с помощью гибридного АВОТКЗ

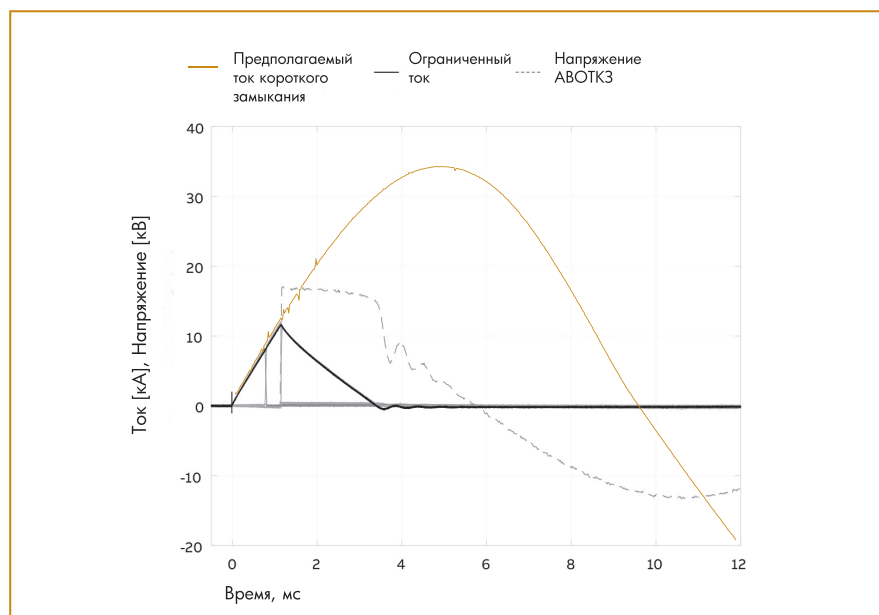


Рис. 4. Проверочное тестирование АВОТКЗ

реализации проекта было проведено несколько тестов для проверки эксплуатационных характеристик устройства. Пример теста на прерывание с полным ожидаемым током короткого замыкания показан на рис. 4.

Для обеспечения того, чтобы максимально допустимый ток короткого замыкания в сети никогда не превышал пороговое значение, при этом учитывая максимальную производную ток di/dt на уровне приблизительно 11 кА/мс для ожидаемого тока короткого замыкания 25 кА, АВОТКЗ должен ограничивать ток в течение < 1 мс после обнаружения замыкания. Для удовлетворения этим требованиям был использован блок управления I_s -ограничителя. В контексте такого применения данное устройство непрерывно измеряет мгновенное значение тока и при превышении заданного значения посылает сигнал отключения в систему управления АВОТКЗ в течение нескольких микросекунд. Поскольку АВОТКЗ состоит из нескольких активных устройств, для обеспечения последовательности операций была внедрена быстрая и точная система управления. Временная разрешающая способность системы управления находится в диапазоне микросекунд.

Внедрение в сеть

Основная цель АВОТКЗ состоит в ограничении максимального тока короткого замыкания в сети или на подстанции. Для выполнения данной функции существуют различные способы его внедрения в сеть. Некоторые примеры показаны на рис. 5 и 6.

В конфигурации рис. 5 при отключении одного трансформатора из-за неисправности или планового технического обслуживания подключаются секции шинпровода для обеспечения непрерывной работы, чтобы поддерживать нагрузку без перегрузки остальных трансформаторов. Но это может увеличить ток короткого замыкания до или выше расчетного предела и обычно требует отключения производства энергии. Но, если бы АВОТКЗ был подключен в качестве шинного переключателя вместо стандартного

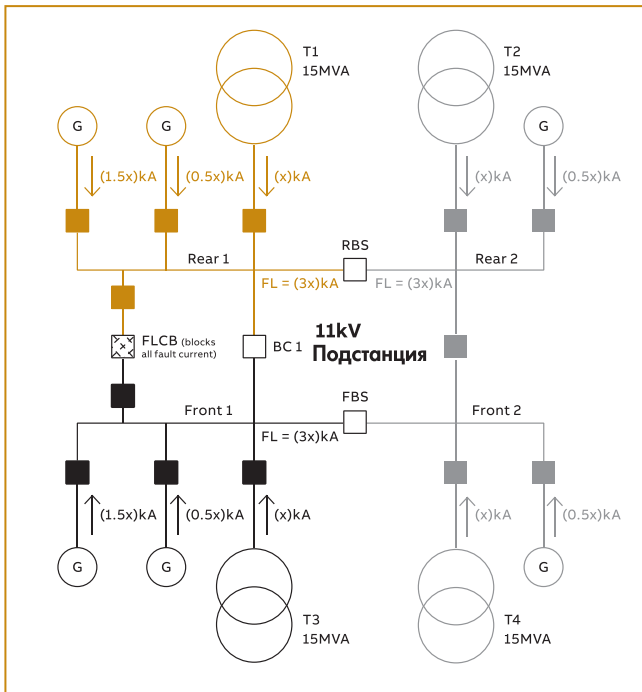


Рис. 5. Использование АВОТКЗ в качестве шинного переключателя

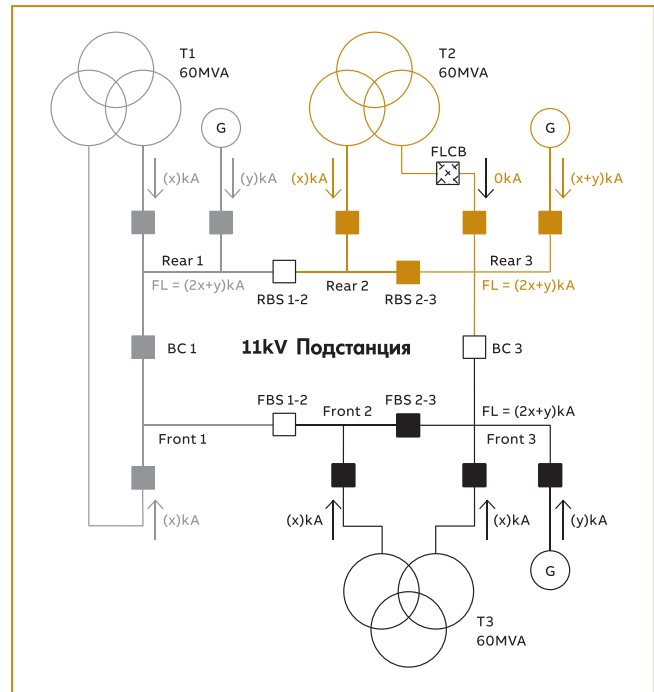


Рис. 6. Размещение АВОТКЗ на одной из входящих питающих линий

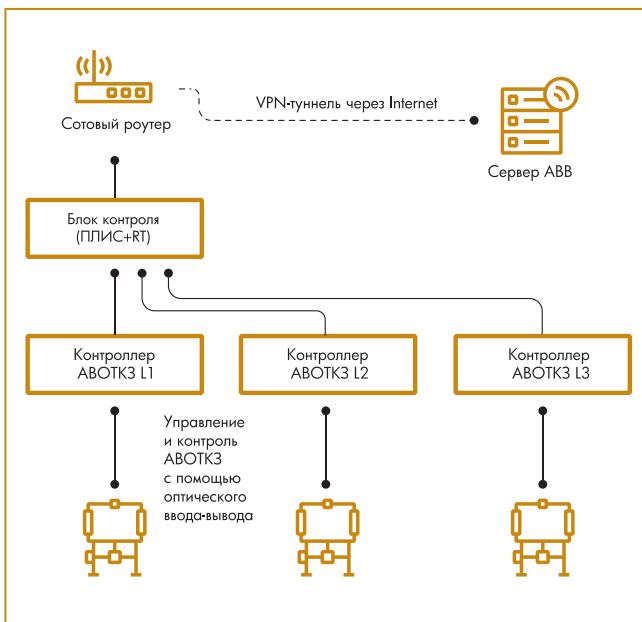


Рис. 7. Размещение АВОТКЗ на одной из входящих питающих линий

автоматического выключателя, это уменьшило бы влияние значения тока короткого замыкания одной секции шины на другую и позволило бы не отключать производство энергии при таких аварийных режимах работы. АВОТКЗ разделяет шины менее чем за 1 мс во время замыкания, что приводит к незначительному току короткого замыкания, передаваемому от одной секции шины к другой. Это обеспечивает максимальную эксплуатационную гибкость при минимизации риска перенапряжения подстанции и позволяет не отключать генераторы.

В альтернативной конфигурации АВОТКЗ размещен на одной или нескольких входящих питающих линиях (рис. 6). При замыкании он отключает входящие питающие линии, подключенные через АВОТКЗ. Таким образом влияние замыкания эффективно ограничивается за счет высокой производительности устройства. Данная конфигурация обеспечивает дополнительный запас диапазона значений тока короткого замыкания, позволяя подключать больше оборудования для распределенного производства энергии без превышения расчетного предела значения тока короткого замыкания.

Кроме того, АВОТКЗ можно напрямую подключить к источнику питания генератора, например, от недавно установленной системы КППЭ. При этом в случае замыкания ток от генератора будет ограничен в течение 1 мс, что позволит подключить новое оборудование для распределенного производства энергии без нарушения предусмотренного запаса диапазона значений тока короткого замыкания.

В настоящее время АВВ и UK Power Networks исследуют эффективность использования АВОТКЗ на основной подстанции в Лондоне. Данная подстанция была выбрана для испытания, поскольку на ней с момента ее основания регистрировалось сравнительно более высокое число замыканий, было соответствующее место для установки, и запас диапазона значений тока короткого замыкания был близок к расчетному пределу. Для данной конкретной установки устройство разместили в трех стандартных панелях среднего напряжения, по одной для каждой фазы. В ходе испытаний АВОТКЗ будет оцениваться как шинный переключатель и как прерыватель на входящей питающей линии между трансформатором и шиной.

Экспериментальное устройство будет удаленно контролироваться специалистами АБВ на протяжении всего исследования. Состояние работоспособности различных компонентов вместе с записями переходных процессов системы будут автоматически собираться и передаваться в АБВ для анализа (рис. 7). Это позволит изучить характеристики устройства при длительной работе и проанализировать подробные результаты срабатываний защиты. Кроме того, эти шаги позволят специализированному персоналу оказывать помощь клиентам, быстро реагируя на любые возможные неисправности на основе детальной диагностики.

На сегодняшний день, хотя осуществляется постоянный контроль, и АВТКЗ готов реагировать на любое замыкание, с момента активации системы замыкания не регистрировались.

*Томас Эрикссон, Йеспер Магнуссон, Йохан Нохлерт - Switching and Systems Västerås, АБВ, Швеция, Бьорн Готтлих, Петер Йост - Control & Protection Solutions, АБВ, Райттинген, Германия.
E-mail: thomas.r.eriksson@se.abb.com, jesper.magnusson@se.abb.com, johan.nohlert@se.abb.com, bjoern.gottlich@de.abb.com, peter.jost@de.abb.com*

Список литературы

1. UK Power Networks pioneers new super-fast circuit breakers // Network. February 7. 2020. Available: <https://networks.online/heat/uk-power-net-works-pioneers-new-super-fast-circuit-breakers/> [Accessed January 24, 2021].
2. Y. Zhang, R.A. Dougal, State of the art of Fault Current Limiters and their applications in smart grid // IEEE Power and Energy Society General Meeting. 2012. P.1 – 6.
3. I_s-limiter. Available: <https://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/fault-current-limiters/current-limiter>. [Accessed May 19, 2021].
4. L. Liljeström, L. Jonsson, M. Backman, M. Riva. A new hybrid medium voltage breaker for DC interruption or AC fault current limitation // 18th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'16 ECCE Europe). 2016. P.1 – 10.

Роботы для производства биомедицинских расходных материалов

Компания Tesnoideal (Модена, Италия) разрабатывает, экспортирует и устанавливает оборудование для быстрого, эффективного и безопасного производства одноразовых медицинских изделий. У Tesnoideal давние традиции производства промышленного оборудования и средств автоматизации. В 1990 г. компания была преобразована после того, как ее приобрела Medica Srl, одна из первых компаний, предоставляющих по всему миру консультационные услуги по производству одноразовых материалов для диализа и инфузий. Таким образом, Tesnoideal стала технологическим подразделением Medica, расширив свой опыт в области исследований и консалтинга и предоставив заказчикам новые технологии и решения в области автоматизации. Сегодня компания может помочь своим партнерам и заказчикам по широкому кругу вопросов: от концепции, реализации и проектирования до установки и ввода в эксплуатацию.

Производство медицинских изделий регулируется строгими требованиями по качеству, разработанными для защиты тех, кто их использует. В то же время эти одноразовые устройства должны производиться в больших масштабах и по низкой стоимости за единицу. Для решения этой задачи Tesnoideal обратилась за помощью к АБВ и ее подразделению «Робототехника». Многие современные роботы идеально подходят для быстрого выполнения повторяющихся задач с чрезвычайно высокой степенью точности, что делает их идеальным выбором для Tesnoideal. Например, робота IRB 1300 установили в автоматизированной системе для доработки диализных фильтров. Его задача – взять фильтр и быстро повернуть его, чтобы на его концы можно было вставить четыре заглушки. Сама задача относительно проста, но робот может выполнить ее быстрее и с меньшим числом

ошибок, чем это мог бы сделать даже хорошо обученный человек. Это помогло радикально поменять производственную систему, сделав ее менее медленной и громоздкой, при этом практически исключив ошибки.

Tesnoideal также заметила, что небольшие размеры роботов являются важным преимуществом. Более оптимизированные, чем другие механические системы, роботы позволяют производителям освободить место в чистом помещении – стерильной среде с контролируемой влажностью – или уменьшить ее размер, сократив соответствующие затраты. В Америке заказчик в лице международной компании установил робота IRB 1200 от АБВ как часть решения Tesnoideal. Помимо захвата и перемещения пластиковых труб робот выполняет важную задачу по проверке и определению размеров, удалению бракованных экземпляров, подсчету числа и выбору изделий для последующей упаковки. На этапе проектирования и моделирования стало ясно, что робот превзойдет любые традиционные производственные технологии, а также даст заказчику дополнительную гибкость.

В перспективе Tesnoideal планирует развивать сотрудничество между роботами и производственным персоналом на протяжении всего производственного процесса. Компания уже экспериментировала с прерывистым режимом совместной работы на IRB 1200. Благодаря пакету Safe Move Pro робот становится коллаборативным, замедляя свою деятельность или переводя себя в режим ожидания в присутствии оператора. Это эффективная и жизненно важная мера, гарантирующая безопасность на производственных участках, где требуется надзор со стороны человека. Также рассматривается возможность внедрения роботизированных участков с YuMi от АБВ.

[Http://www.abb.com](http://www.abb.com)