

Разработка таких источников питания завершилась не только созданием блока питания, применяемого теперь во всех цифровых устройствах, выпускаемых НТЦ «Механотроника», но и формулированием общих технических требований к ним. Эти требования в настоящее время являются общепризнанными и на них ориентируются другие разработчики цифровых устройств релейной защиты.

Если разрабатываемые ранее на базе полупроводниковых элементов и операционных усилителей реле могли реализовывать один, много — два алгоритма защиты и автоматики [9], то устройства серии *БМРЗ* способны выполнять десять и более алгоритмов защиты и автоматики. Обусловлено это отличием тем, что информация о текущих параметрах защищаемого присоединения (двигателя, воздушной или кабельной линии, трансформатора), поступающая от трансформаторов тока и напряжения в виде аналоговых сигналов *АС1* — *АС8*, сначала преобразуется в цифровую форму, а затем уже в цифровом виде используется в различных алгоритмах защиты и автоматики, реализуемых процессорной частью устройства (см. рис. 1).

Аналогичным образом преобразуются и дискретные входные сигналы *ДС1* — *ДС23*.

Выходные дискретные сигналы формируются как выходные сигналы алгоритмов, обрабатывающих информацию, поступающую по аналоговым и дискретным входам, а также от системы самодиагностики. Использование встроенной системы самодиагностики принципиальным образом изменяет процесс поиска дефектов в схемах релейной защиты и автоматики [3] и обеспечивает высокую ремонтпригодность цифровых блоков релейной защиты.

Такой подход позволил создать единую аппаратную платформу, допускающую выполнение различных модификаций устройств в соответствии с требованиями заказчика. В настоящее время серийно выпускается более двухсот модификаций устройств серии *БМРЗ*. Опыт разработки этих модификаций и эксплуатации более 3 тысяч устройств серии *БМРЗ* показал, что восьми аналоговых входных сигналов достаточно для создания устройств, обеспечивающих защиту более 95% присоединений в электроустановках напряжением до 110 кВ.

Вначале устройства серии *БМРЗ* были использованы для защиты достаточно простых по алгоритмам РЗА присоединений на распределительных подстанциях 6(10) кВ. Первые по времени разработки устройства более десяти лет безотказно работают в Выборгских электрических сетях. Во многом именно опыт длительной эксплуатации устройств серии *БМРЗ* позволил впервые в России установить *семилетний* гарантийный срок на цифровые устройства релейной защиты и автоматики.

Долгое время было принято считать, что использование цифровых устройств релейной защиты в комплектных трансформаторных подстанциях на 6(10)/0,4 кВ экономически неоправданно. Однако известно, что ранее выпускавшаяся защита вводов секций 0,4 кВ имела низкую чувствительность, особенно при большой доле двигательной нагрузки [8,9], и не могла обеспечить надежного резервирования отходящих присо-

единений. Этот дефект не мог быть устранен при использовании любых электромеханических или полупроводниковых реле защиты. Поэтому вполне естественным оказался выбор устройства серии *БМРЗ* в качестве основы для разработки по заказу ОАО «Газпром» защит для КТП 6(10)/0,4 кВ. Принципиально новым элементом таких защит для комплектных трансформаторных подстанций стал алгоритм *блокировки максимальной токовой защиты (МТЗ)*, существенно увеличивший чувствительность *МТЗ* при наличии двигательной нагрузки на секции.

Применение в КТП устройств серии *БМРЗ* позволило также реализовать *оригинальный* двухступенчатый алгоритм дальнего резервирования (*ДР*) при отказах защит и автоматики отходящих линий. Первая ступень этого алгоритма (с независимой времятоковой характеристикой) работает при КЗ в зоне действия токовых отсечек отходящих линий. Вторая ступень этого алгоритма (с обратозависимой времятоковой характеристикой) работает при КЗ в зоне действия зависимых элементов автоматов отходящих линий. Такой алгоритм *ДР* исключает ложное срабатывание от токов подпитки, возникающих при КЗ в сети высокого напряжения. Естественно, что устройства *БМРЗ-0,4 АВ* и *БМРЗ-0,4 ВВ*, применяемые для КТП выполняли и весь набор защит и автоматики, предписываемый главой 3.2 ПУЭ, в том числе восстановление нормальной работы путем успешного автоматического повторного включения *АПВ* и автоматического включения резерва *АВР*.

Первые КТП с устройствами *БМРЗ-0,4 АВ* и *БМРЗ-0,4 ВВ* были выпущены на ОАО «Новая ЭРА». (Санкт-Петербург). В настоящее время комплект защит на основе устройств серии *БМРЗ* применяют для серийных трансформаторных подстанций КТП 6(10)/0,4 кВ Электротехнический завод им. Козлова (г. Минск), Самарский завод «Электроштит», ОАО «Электропульт» (Санкт-Петербург), ООО «Элтерм» (г. Псков) и многие другие предприятия, серийно выпускающие КТП для электростанций различного назначения, компрессорных станций ОАО «Газпром» и промышленных предприятий.

Расширение области применения мощных синхронных и асинхронных двигателей, работающих от сети напряжением свыше 1 кВ, потребовало создания современных цифровых устройств защиты, реализующих все алгоритмы, предусмотренные в главе 5.3 ПУЭ (п.п. 5.3.43 — 5.3.54) [1]. Учитывая, что подавляющее число аварий таких двигателей вызвано прежде всего тепловыми перегрузками изоляции, стандартные алгоритмы защиты в блоках двигательной серии *БМРЗ* (защита от многофазных замыканий, защита от замыканий на землю, защита от перегрузки, дифференциальная защита, защита синхронных двигателей от асинхронного режима и др.), были дополнены алгоритмами защиты от работы при блокировке ротора и затянутого пуска, от перегрева при многократных пусках и др. [2].

Для повышения надежности работы высоковольтных двигателей большой мощности была создана новая серия блоков *БМРЗ-Д*, обеспечивающая помимо стандартных защит в обычных режимах и защиту при: