

УДК 622.61

А.В. Лавшонок, канд. техн. наук,
Е.А. Манакин, канд. техн. наук,
О.Г. Шило, магистрант,
Донецкий национальный технический университет

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНЫХ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

Разработана математическая модель для обоснования параметров погрешности измерения электрического сопротивления системы дистанционного управления шахтными коммутационными аппаратами. Определены основные параметры системы дистанционного управления с прогнозируемым уровнем погрешности

шахтные коммутационные аппараты, дистанционное управление, погрешность измерения, наведенные погрешности, нелинейный закон

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Большинство выпускающихся промышленностью шахтных пускателей предназначены для дистанционного управления (включения/отключения) контактором.

Особенностью дистанционного управления является удаление кнопочного поста на расстояние до 300м от контактора (пускателя).

Функции обеспечения дистанционного управления в выпускающихся и применяемых пускателей отечественного производства выполняет блок дистанционного управления типа БДУ в различных модификациях, выпускающихся рядом производителей. Блок дистанционного управления это устройство, которое воспринимает сигнал от кнопочного поста, который находится на расстоянии до 300 (а в некоторых случаях и более) метров, и «принимает решение» о включении или отключении коммутационного аппарата (пускателя). При этом кабель управления находится в «сложных» условиях, возможны его повреждения и возникновение наведенных ЭДС. Это существенно осложняет построение схемы блока дистанционного управления.

Существенной сложностью для проектирования новых устройств дистанционного управления является требование к новым блокам по обеспечению полной совместимости и взаимозаменяемости с широко применяемыми блоками типа БДУ-1, БДУ-4 и их аналогами, причем наибольшую сложность вызывает необходимость при-

менения поста дистанционного управления, схемы которого приведены на рисунке 1, с активным сопротивлением $R=47\text{ Ом}$.

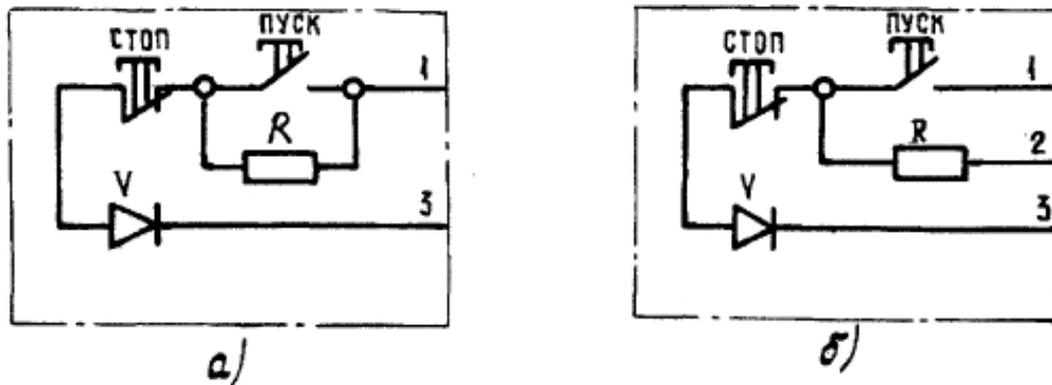


Рис. 1. Схемы постов управления
а) двухпроводная, б) трехпроводная схема

Широко применяемые в настоящее время в промышленности блоки типа БДУ-1, БДУ-4 и их аналоги имеют ряд существенных недостатков:

1. Низкая надежность блока, связанная с большим количеством аналоговых элементов, параметры которых определяют работоспособность блока
2. Сложность схемы блока БДУ-1, содержащая 5 электромагнитных реле (на практике схема реализуется на двух печатных платах)
3. Схемы блоков не учитывают появление высокого напряжения в контролируемой линии (наведенное ЭДС) и аварийных режимах (замыкания и т.п.). Это связано с тем, что блоки фактически разработаны более 20 лет назад, когда не было доступных элементов для обеспечения «живучести» схемы. Это объясняет частые выходы из строя именно блоков БДУ с длинными (до 300м) линиями связи. По отзывам энергетиков шахт, большинство блоков типа БДУ разных модификаций, как правило, не работают более 6 месяцев.
4. Схема блока БДУ может иметь существенные погрешности измерения в линии, особенно при колебаниях напряжения питания, что в некоторых случаях может привести к самовключению пускателя.
5. Схемы блоков БДУ чувствительны к действию наведенных ЭДС в линии управления, появление которых, при определен-

- ных обстоятельствах, может привести к самовключению пускателя.
6. Схемы блоков БДУ чувствительны к температуре и связанным с этим уходом параметров схемы, что может привести к изменению параметров включения и отключения с течением времени.
 7. В цепях дистанционного управления электрооборудованием шахт запрещено применять двухпроводные схемы управления. Это требование относится ко всем низковольтным коммутационным аппаратам, и было введено в связи с тем наведенные ЭДС при определенных условиях для схем измерения сопротивления эквивалентны снижению сопротивления контролируемой линии, что для двухпроводной измерительной схемы (рисунок 1.а) эквивалентно нажатию кнопки «Пуск» и может привести к самовключению пускателя. Тем не менее, большинство блоков БДУ фактически работают по двухпроводной схеме, а перевод на трехпроводную обеспечивается внешними элементами, которые могут быть установлены или нет, а даже при условии применения трехпроводных схем, жилы управления могут быть замкнуты в течении длительного времени, их никто не контролирует (и не обязан), а пускатель будет находиться в двухпроводном режиме, что запрещено и опасно.

Постановка задачи. В связи с указанными недостатками серийно выпускающихся блоков дистанционного управления различных модификаций, актуальной является задача разработки и внедрения новых современных схем искробезопасных блоков дистанционного управления на современной элементной базе, лишенных недостатков указанных выше с сохранением полной совместимости и взаимозаменяемости с ранее выпускающимися блоками БДУ.

Обеспечение высоких требований к системе дистанционного управления возможно при условии построения ее на базе современной элементной базе. При построении систем дистанционного управления на базе однокристальных микроконтроллеров необходимо решить следующие специфические задачи:

1. Необходимо определить минимально допустимые уровни контролируемых сигналов для обеспечения потребной точности работы устройства

2. Необходимо определить максимально допустимый уровень помех для исключения ложных срабатываний устройства.

Анализ исследований и публикаций. Вопросами построения систем дистанционного управления шахтных низковольтных коммутационных аппаратов занимаются многие отечественные и зарубежные ученые. Наиболее значимые результаты достигнуты в научно-исследовательских институтах УкрНИИВЭ и МакНИИ. Данным направлением занимались: проф. Дзюбан В.С., к.т.н. Житников В.К. и др.

Изложение материала и результаты. Устройства, построенные на базе однокристальных микроконтроллеров как правило отличаются применением классических измерительных схем. В частности измерительная часть схемы системы дистанционного управления приведена на рисунке 2.

На схеме: R_{δ} – балластное сопротивление барьера искрозащиты; $R_{ш}$ – сопротивление шунта для измерения тока; $R_{л}$ – сопротивление линии связи; $R_{кн}$ – сопротивление кнопочного поста (см. рис. 1); R_{δ} – нелинейное сопротивление полупроводникового диода; $E_{ном}$ – наведенная ЭДС в линии и связи; $U_{ex}(t)$ – напряжение питания.

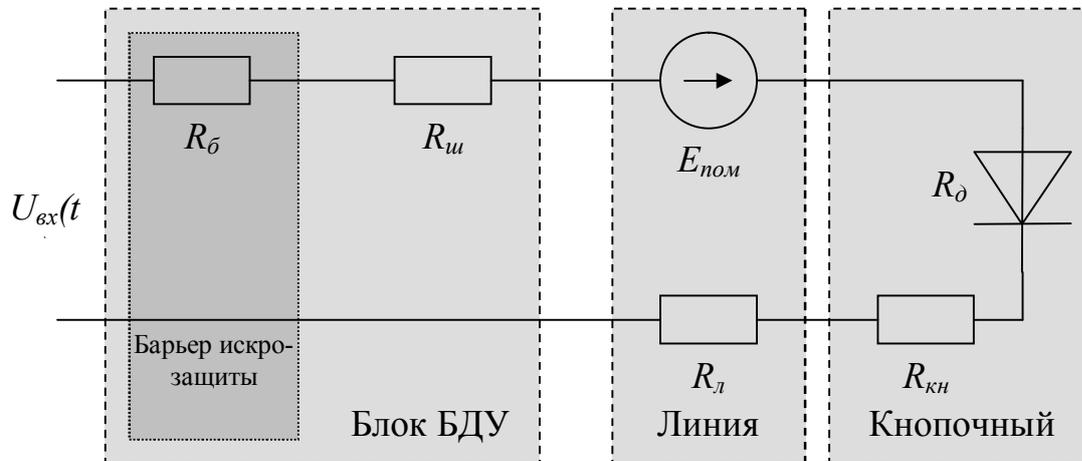


Рис. 2. Измерительная часть схемы блока дистанционного управления

При отсутствии наведенных ЭДС в линии связи, ток можно определить следующим образом:

$$I(t) = \frac{U_{ex}(t)}{R_{\delta} + R_{ш} + R_{кн} + R_{л} + R_{\delta}(I(t))} \quad (1)$$

Функции блока дистанционного управления состоят в контроле сопротивлений $R_{л}$ и $R_{кн}$, поэтому будем рассматривать их сумму:

$$R_x = R_{кн} + R_l \quad (2)$$

Как было отмечено выше, наведенные ЭДС ($E_{ном}$) могут послужить причиной самопроизвольного включения аппарата. Фактически действие $E_{ном}$ приводит к повышению тока в линии, что эквивалентно снижению контролируемого сопротивления, то есть можно говорить о погрешности измерения сопротивления R_x .

Допустимый уровень погрешности измерения R_x определяется из условий эксплуатации аппарата в двухпроводной схеме. Величина сопротивления в кнопочном посту составляет 47 Ом (см. рис. 1.б), включение аппарата должно осуществляться при шунтировании этого сопротивления. Кнопка подключена последовательно с контролируемой линией заземления, предельно допустимое сопротивление которого составляет 50 Ом. То есть если не ужесточать требования правил безопасности для блока БДУ абсолютно эквивалентно нажатие кнопки пуск с линией, имеющей сопротивление близкое к 50 Ом и не нажатая кнопка пуск с линией имеющей сопротивление близкое к 0 Ом. В связи с этим требования к сопротивлению заземления ужесточаются. На практике допустимое сопротивление линии устройств для блоков БДУ разных производителей находится в диапазоне 25-35 Ом, в связи с этим требования к абсолютной погрешности измерения находятся в диапазоне 25-15 Ом соответственно.

Для проектирования перспективных блоков дистанционного измерения целесообразно определить допустимую точность на уровне 10-15 Ом и с учетом этого определить допустимый для измерения участок синусоиды контролирующего напряжения и уровень внешней помехи, при котором необходимо блокировать включение коммутационного аппарата. При этом следует учитывать, что повышение точности измерения сопротивления ведет к усложнению схем блоков БДУ, но при этом смягчаются требования к обслуживанию кабельных линий шахт.

Абсолютная погрешность измерения сопротивления R_x определяется следующим образом:

$$\Delta R_x(t, E_{ном}) = \left[\left(\frac{U_{вх}(t) - I(t) \cdot R_{\delta}}{I(t)} \right) - R_{ш} - R_{\delta}(I(t)) \right] - \left[\left(\frac{U_{вх}(t) - I(t, E_{ном}) \cdot R_{\delta}}{I(t, E_{ном})} \right) - R_{ш} - R_{\delta}(I(t, E_{ном})) \right] \quad (3)$$

где $I(t, E_{ном})$ - ток в линии при действии наведенных ЭДС.

$$I(t, E_{ном}) = \frac{U_{вх}(t) + E_{ном}}{R_{\delta} + R_{ин} + R_x + R_{\partial}(I(t, E_{ном}))} \quad (4)$$

На рисунке 3 приведены результаты расчетов погрешностей определения R_x связанных с действием наведенных ЭДС с учетом нелинейных свойств полупроводникового диода в измерительной цепи и для положительной полуволны синусоидального входного напряжения блока БДУ. Параметры R_{δ} и $R_{ин}$ принимались в соответствии с рекомендациями МакНИИ и производителями однокристалльных микроконтроллеров соответственно.

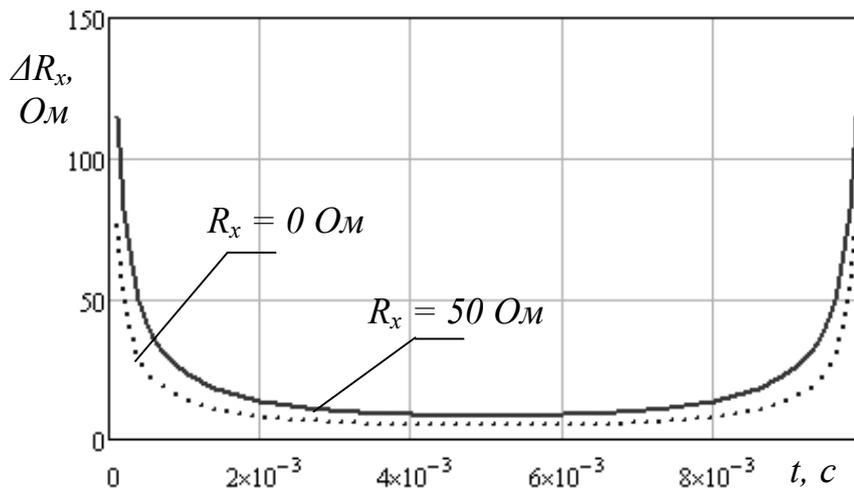


Рис. 3. Погрешности определения R_x

Из полученной зависимостей видно, что абсолютная погрешность измерения увеличивается при снижении тока в линии, то есть при увеличении контролируемого сопротивления, не нажатой кнопки ПУСК в двухпроводной схеме включения. На практике наиболее опасной является зона вблизи сопротивления срабатывания. Но далее будет рассмотрен случай для контролируемого сопротивления линии 50 Ом, как имеющей наибольшую величину погрешности. Кроме этого погрешности существенно растут при малых значениях входного напряжения на границах полуволны синусоиды.

Для повышения точности функционирования блока дистанционного управления с синусоидальным входным напряжением необходимо определить участки синусоиды, на которых погрешности будут выше допустимых. Для этого необходимо определить необходимое время блокировки измерения сопротивления ΔT , см. рисунок 4.

Для определения необходимых параметров работы системы дистанционного управления в результате моделирования схемы на рисунке 2 с учетом выражения 3 были получены зависимости для опре-

деления потребного времени ΔT блокировки измерения сопротивления в современных блоках дистанционного управления в функции величины наведенной ЭДС для заданных значений абсолютной погрешности измерения сопротивления R_x . Полученные зависимости приведены на рисунке 5.

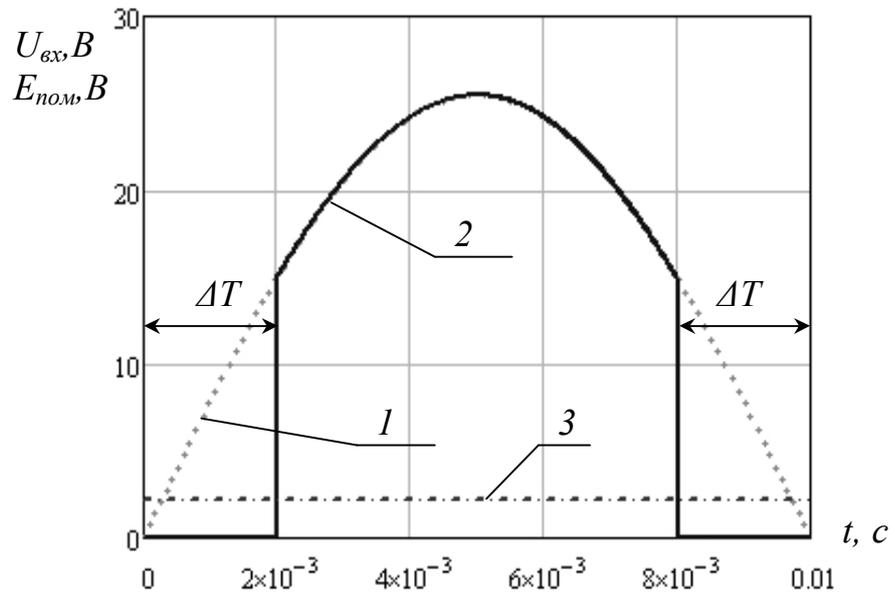


Рис. 4. Значения контролируемых напряжений БДУ

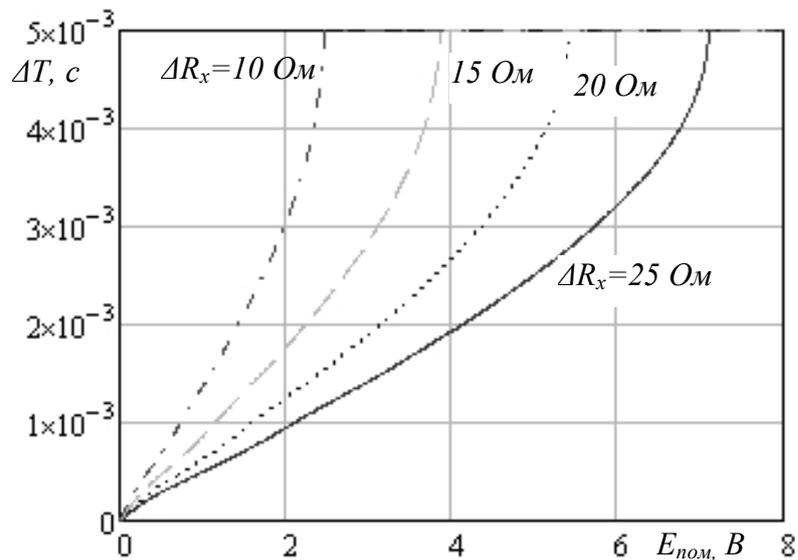


Рис. 5. Потребное время блокировки контроля при заданной погрешности измерения и уровне наводок

Таким образом, например, в случае допустимого уровня наведенной ЭДС 2.2 В (линия 3 на рисунке 4) и обеспечения абсолютной погрешности не более 15 Ом, необходимо обеспечить блокировку измерения сопротивления на время $\Delta T = 2$ мс.

Таким образом, измерение сопротивления R_x необходимо проводить в зоне ограниченной кривой 2 на рисунке 4 при синусоидальном напряжении питания (кривая 1 на рисунке 4).

Выводы и направление дальнейших исследований. В работе исследуется влияние наведенных ЭДС в линии дистанционного управления шахтными коммутационными аппаратами на погрешности определения сопротивлений в цепи управления. Обоснованы минимальные временные задержки для блокировки измерения при синусоидальных напряжениях питания узлов дистанционного управления с учетом нелинейных свойств полупроводниковых элементов кнопочных постов.

Учет зависимостей на рисунке 5 позволит строить более совершенные системы дистанционного управления с прогнозируемой погрешностью измерений.

Список источников:

1. Справочник энергетика угольной шахты: в 2т. / В.С. Дзюбан, И.Г.Ширнин, Б.Н. Ванеев, В.М. Гостищев. – Донецьк, 2001. - Т.1.- 447 с.
2. Ткачук С.П. Взрывопожаробезопасность горного оборудования / С.П. Ткачук, В.П. Колодюк, С.А. Ихно. – К.: 2000. – 696 с.

Стаття надійшла до редколегії 28.04.2011

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. каф. ГЗТіЛ В.І. Дворников

А.В.Лавшонок, Є.А.Манакин, О.Г.Шило. Обґрунтування параметрів систем дистанційного управління шахтних низьковольтних комутаційних апаратів. Розроблена математична модель для обґрунтування параметрів похибки вимірювання електричного опору системи дистанційного керування шахтними комутаційними апаратами. Визначено основні параметри системи дистанційного керування з прогнозованим рівнем похибки.

шахтні комутаційні апарати, дистанційне керування, похибка виміру, наведені похибки, нелінійний закон

A.V.Lavshonok, E.A.Manakin, A.G.Shilo. Substantiation of parameters of systems of remote control of mine low-voltage switching devices. The developed mathematical model for a substantiation of parameters of an error of measurement of electrical resistance of system of remote control by mine switching devices. Key parameters of system of remote control with predicted level of an error are defined.

mine switching devices, remote control, measurement error, наведеные EMF, the non-linear law

© Лавшонок А.В., Манакин Е.А., Шило А.Г., 2011