

АНАЛИЗ НЕУСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ПУНКТА НА ЛИНИЯХ СВЯЗИ БОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ

П.П. ИЗОТОВ, А.А. КОНДРАТЬЕВ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Для управления уличным (наружным) освещением в г. Гомеле применяется телемеханическая система УТУ-4М. Данная система позволяет постепенно (по каскадам) включать и отключать освещение на улицах города, что значительно снижает пиковую нагрузку на электрические сети. Включение освещения имеет два режима: вечернее – когда включаются все светильники и ночное – когда включается определенная группа светильников (через один или через два). Переход с одного режима на другой позволяет без дискомфорта для жителей города осуществлять экономию электрической энергии.

Телемеханическая система УТУ-4М состоит из диспетчерского пульта, находящегося в диспетчерской ДКПУП «Гомельгорсвет», и исполнительных пунктов, находящихся на освещаемых объектах в шкафах управления освещением и соединенных с диспетчерским пультом посредством линий связи, расположенных в телефонном кабеле. Исполнительный пункт позволяет принять по двухпроводной линии связи команды диспетчерского пульта:

- ~24 В (50 Гц) – отключить освещение;
- 60 В – включить вечерний режим освещения, т.е. зажечь все светильники;
- +60 В – включить ночной режим освещения;

и по линии связи дать ответ о выполнении или невыполнении команды диспетчерского пульта:

- +60 В вместе с ~24 В – включен ночной режим освещения;
- 60 В вместе с ~24 В – включен вечерний режим освещения;
- +60 В – отключено все освещение;
- 60 В – сигнал несоответствия (команда не выполнена или обрыв линии связи).

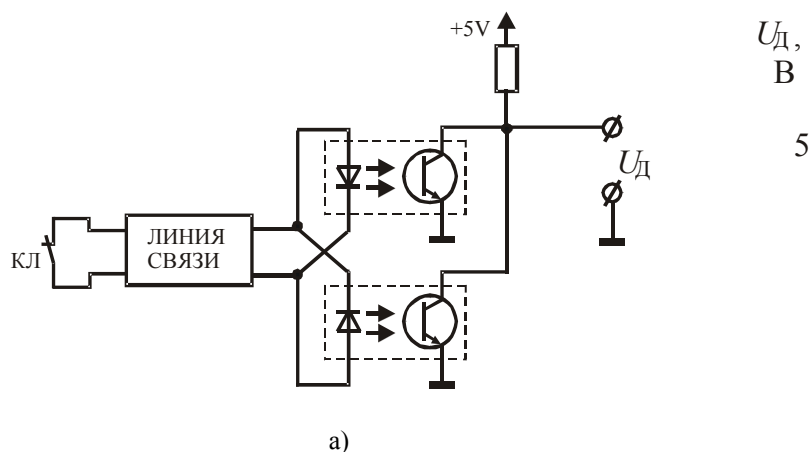
Уровни напряжений обусловлены тем, что элементы телемеханической системы выполнены на базе релейной автоматики.

В настоящее время имеется возможность выполнить элементы телемеханической системы УТУ-4М на современной оптоэлектронной базе. В частности, электронный исполнительный пункт имеет меньшие массогабаритные и лучшие энергетические показатели [1], [2]. При этом он может работать совместно с релейными исполнительными пунктами, что значительно снижает финансовые затраты на модернизацию системы.

При разработке электронного исполнительного пункта принималось во внимание, что условием, по которому релейный исполнительный пункт определяет в каком режиме ему находиться (приема команд или выдачи ответов), является наличие тока в линии связи. Когда линия связи замкнута со стороны диспетчерского пульта, то исполнительный пункт постоянно выдает на линию ответ в виде напряжения. Когда диспетчерский пульт размыкает линию связи, исполнительный пункт на время 400 мс переводится в режим приема команд и снимает с линии напряжение ответа.

В электронном исполнительном пункте датчик тока в линии связи выполнен на двух оптоэлектронных транзисторных ключах типа РС817, которые для определения тока различной полярности соединены как показано на рис. 1, а.

Экспериментальное исследование реакции датчика тока на отключение тока со стороны диспетчерского пульта на различных линиях выполнялось по схеме, приведенной на рис. 1, а, где КЛ – ключ, размыкающий линию связи, находится в диспетчерской КДПУП «Гомельгорсвет».



Д
Д1

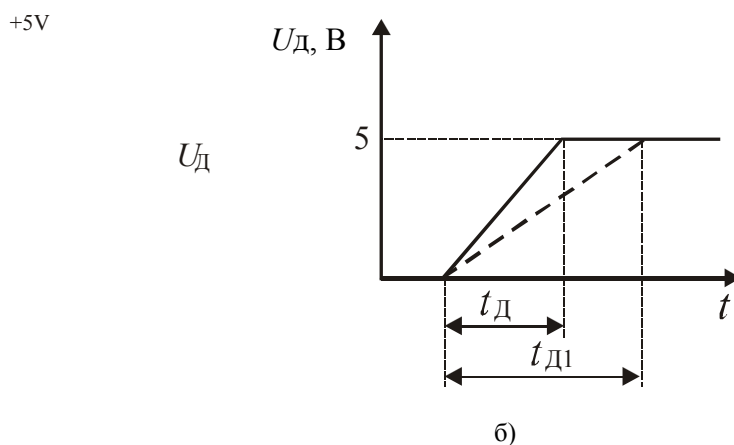


Рис. 1

В результате экспериментов было выявлено, что ток при размыкании линии связи убывает постепенно (предположительно из-за емкости линии в телефонном кабеле), и поэтому реакция датчика тока в первом приближении выглядит как на рис. 1, б, где $t_{\text{Д}}$ – время реакции датчика тока. Величина времени $t_{\text{Д}}$ зависит от длины линии связи. При увеличении времени реакции датчика тока ($t_{\text{Д}} = t_{\text{Д1}}$) сигнал на выходе датчика тока изменяется как показано на рис. 1, б пунктирной линией.

Для приема команды от диспетчерского пульта электронным исполнительным пунктом сигнала от датчика тока недостаточно, так как ток в линии может отсутствовать не только при передаче команды, но и при обрыве линии связи. Чтобы логический блок исполнительного пункта мог определить, в каком случае принимать команду, а в каком случае воспринимать ситуацию как обрыв линии связи, помимо сигнала от датчика тока необходим сигнал, подтверждающий режим приема команд. И только при одновременном действии двух сигналов логический блок снимает с линии связи ответ, и выставяемое диспетчерским пультом на линию напряжение будет рассмотрено исполнительным пунктом как соответствующая команда.

Сигнал, подтверждающий режим приема команд, формируется из сигнала датчика тока при помощи одновибратора, и длительность этого сигнала составляет 400 мс.

По завершении интервала в 400 мс диспетчерский пульт должен замкнуть линию связи. В этом случае исполнительный пункт возвращается в исходное состояние, и логический блок выставяет на линию ответ. В противном случае, если линия еще разомкнута (т. е. сигнал датчика тока не равен нулю, а сигнал, подтверждающий режим

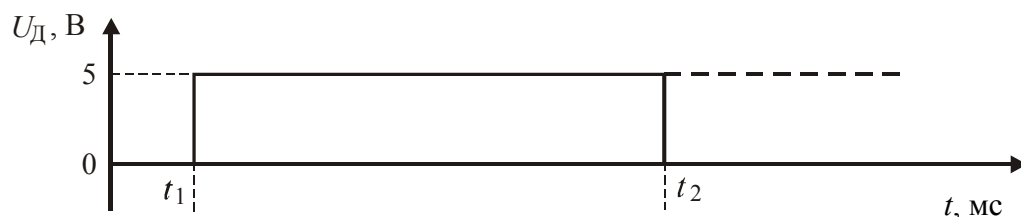
приема команд, уже прекратился), исполнительный пункт расценивает ситуацию как обрыв линии связи и выставляет в линию сигнал несоответствия (-60 В).

На рис. 2 представлены временные диаграммы работы электронного исполнительного пункта, где приняты следующие условные обозначения:

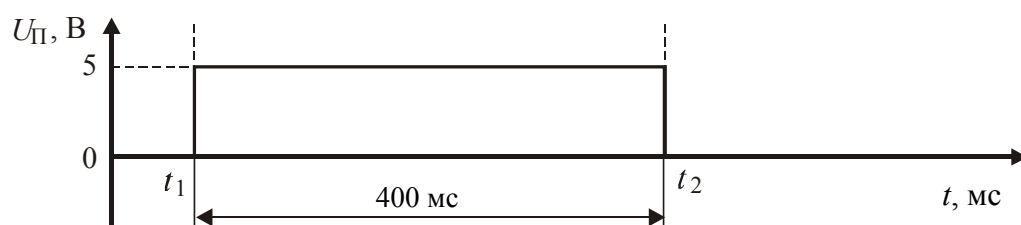
U_D – сигнал на выходе датчика тока;

$U_{П}$ – сигнал подтверждения режима приема команды;

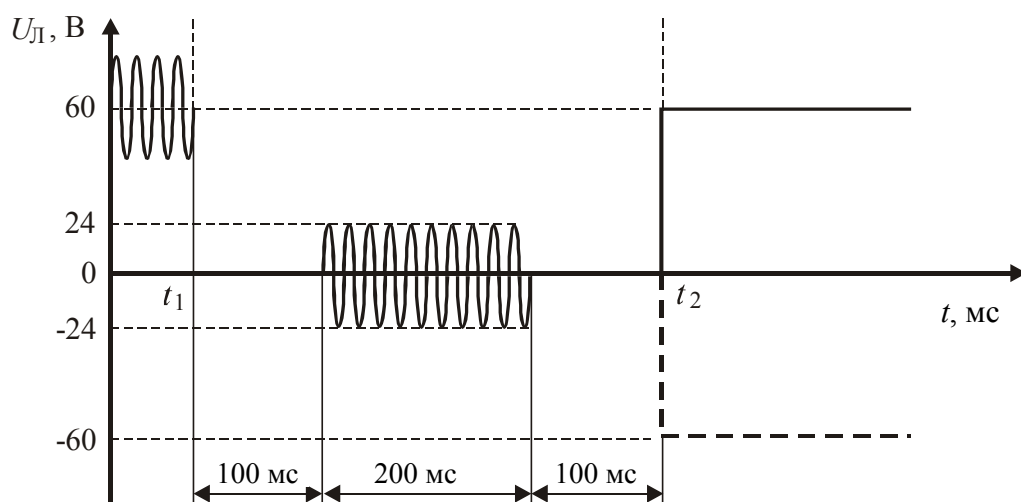
U_L – напряжение в линии связи.



а)



б)



в)

Рис. 2

На рис. 2 показано, как исполнительный пункт из режима выдачи ответов переходит в режим приема команд, а затем вновь – в режим выдачи ответов.

До момента времени t_1 исполнительным пунктом был выставлен ответ (на рис. 2, в ответ: +60 В вместе с ~24 В – включен режим ночного освещения). В момент времени t_1 диспетчерский пульт разомкнул линию связи (на рис. 2, а, б сигналы $U_D \neq 0$ и $U_{П} \neq 0$), и исполнительный пункт убрал ответ (на рис. 2, в $U_L = 0$). Спустя 100 мс после размыкания линии связи диспетчерский пульт выставляет команду (на рис. 2, в: ~24 В – отключить все освещение), которая длится 200 мс. Логический блок, приняв команду, выполняет ее. Спустя 100 мс после снятия команды диспетчерский пульт замыкает линию связи, что соответствует моменту времени t_2 на рис. 2. В этот момент времени соответственно завершаются как сигнал от датчика тока линии связи (на рис. 2, а (сплошная линия) $U_D =$

0), так и сигнал подтверждения режима приема команды (на рис. 2, б $U_{\Pi} = 0$), и исполнительный пункт выставляет ответ в линию (на рис. 2, в: +60 В – все отключено). Если по какой-то причине линия связи оказалась разомкнутой (например, обрыв линии связи), то сигнал датчика тока не станет равным нулю, и по завершении сигнала, подтверждающего режим приема команды, исполнительным пунктом будет выставлен ответ в виде сигнала несоответствия: -60 В (этот режим отмечен пунктирными линиями на рис. 2, а, в).

На рис. 3 приведено более детальное изображение временных диаграмм вблизи момента времени t_1 (рис. 2), где приняты следующие условные обозначения:

$U_{\text{ЛБ}}$ – уровень срабатывания логического блока;

$U_{\text{ВВ}}$ – уровень срабатывания одновибратора;

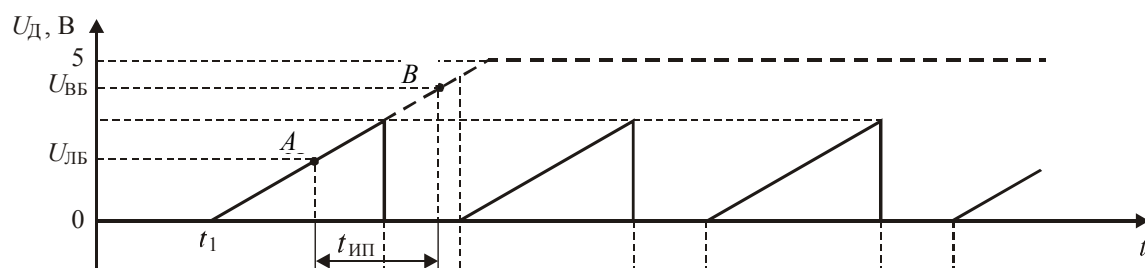
$t_{\text{ЛБ}}$ – время реакции логического блока;

$t_{\text{ИП}}$ – время между срабатыванием логического блока и одновибратора (время реакции исполнительного пункта).

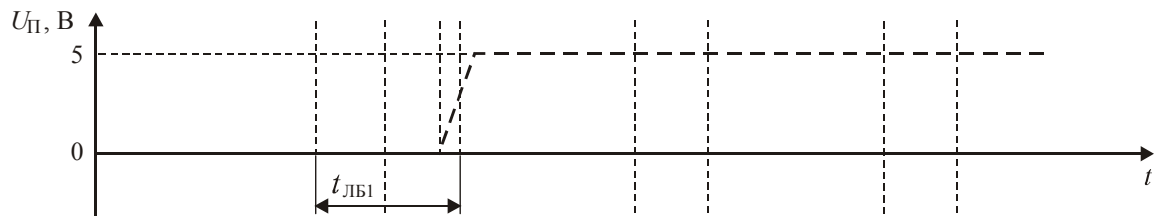
В момент, когда уровень сигнала датчика тока достигнет точки A (рис. 3, а), соответствующей уровню срабатывания логического блока ($U_{\text{ЛБ}}$), логический блок с задержкой на время его реакции ($t_{\text{ЛБ}}$) снимает ответ с линии связи (на рис. 3, в по окончании времени $t_{\text{ЛБ1}}$ $U_{\text{Л1}} = 0$). А когда уровень сигнала датчика тока достигнет точки B (рис. 3, а), соответствующей уровню срабатывания одновибратора ($U_{\text{ВВ}}$), формируется сигнал подтверждения режима приема команды (рис. 3, б). Величина интервала времени от момента срабатывания логического блока до момента срабатывания одновибратора (команды приема) $t_{\text{ИП}}$ зависит не только от разности уровней срабатывания логического блока и одновибратора, но и от времени реакции датчика тока $t_{\text{д}}$ (см. рис. 1, б).

На рис. 3, а, б, в пунктирными линиями показана работа исполнительного пункта, когда время реакции исполнительного пункта меньше времени реакции логического блока ($t_{\text{ИП}} < t_{\text{ЛБ1}}$). В этом случае исполнительный пункт работает в нормальном режиме. Однако, если время реакции исполнительного пункта больше времени реакции логического блока ($t_{\text{ИП}} > t_{\text{ЛБ2}}$), исполнительный пункт переходит в аварийный колебательный режим, как показано на рис. 3, а, б, в сплошными линиями.

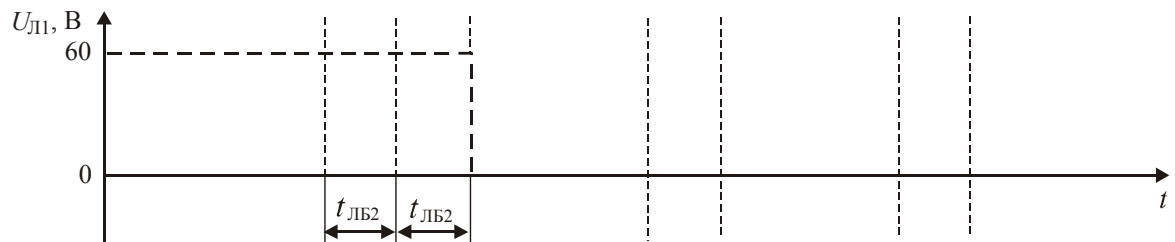
Допустим, до момента размыкания линии диспетчерским пультом в линию был выставлен ответ: (+60 В – все освещение отключено). После размыкания линии, когда сигнал на выходе датчика тока достигнет точки A (уровня срабатывания логического блока), логический блок при отсутствии сигнала подтверждения режима приема команды спустя время $t_{\text{ЛБ}}$ сформирует команду на выставление в линию сигнала несоответствия (-60 В) рис. 3, г. В результате, в линии начинает протекать ток (предположительно ток перезаряда емкости линии связи) и выходной сигнал датчика тока скачком стремится к нулю.



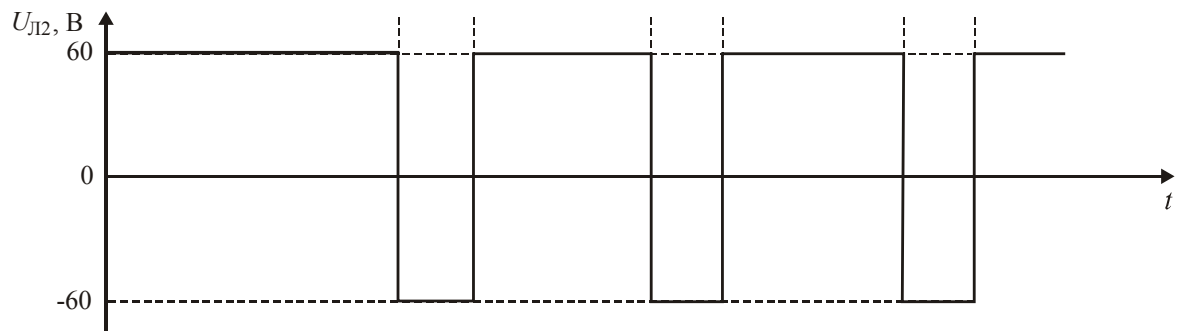
а)



б)



в)



г)

Рис. 3

В момент, когда сигнал датчика тока становится равным нулю, логический блок воспринимает линию как замкнутую и, спустя время $t_{ЛБ2}$, исполнительный пункт снимает с линии сигнал несоответствия и выставляет прежний ответ – все освещение отключено (+60 В). В линии вновь начинает протекать ток перезарядки линии и по достижении сигналом датчика тока уровня срабатывания логического блока процесс повторяется. Такой колебательный процесс будет длиться все время, пока будет разомкнута линия диспетчерским пультом, т. е. 400 мс. Когда диспетчерский пульт замкнет линию связи, переданная им команда не будет выполнена, так как из-за колебательного процесса не была принята.

При практической реализации электронного исполнительного пункта в качестве логического блока была применена микросхема ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием 2764А, а в качестве одновибратора – микросхема К1561АГ1. Как показали экспериментальные исследования в статическом режиме одновибратор, выполненный на микросхеме К1561АГ1, имеет уровень срабатывания в 1,1...1,5 раза больше, чем микросхема ПЗУ 2764А. Поэтому, когда сигнал датчика тока достигнет уровня срабатывания логического блока, одновибратор (из-за более высокого уровня срабатывания) еще не успеет сформировать сигнал, подтверждающий режим приема команд. Если время реакции логического блока ($t_{ЛБ}$), обусловленное временем выборки адреса микросхемы 2764А (не более 450 нс [3]), будет больше интервала времени $t_{ИП}$, то сигнал датчика тока и сигнал подтверждения приема будут приняты логическим блоком одновременно, и исполнительный пункт будет функционировать в нормальном режиме.

Однако если $t_{ИП} > t_{ЛБ}$, то исполнительный пункт не может принимать команды из-за возникновения ситуации, описанной выше.

Для того, чтобы исполнительный пункт нормально функционировал, независимо от величин $t_{ИП}$ и $t_{ЛБ}$, необходимо, чтобы сигнал подтверждения приема подавался на вход логического блока раньше сигнала датчика тока.

Практически это условие было реализовано добавлением в схему исполнительного пункта устройства временной задержки, как показано на рис. 4. Временная задержка длительностью в 1 мс позволила подавать сигнал датчика тока (U_D) на логический блок при уже сформированном сигнале приема ($U_{П}$). Это, в свою очередь, позволило избавиться от влияния длины линии связи на работу электронного исполнительного пункта.

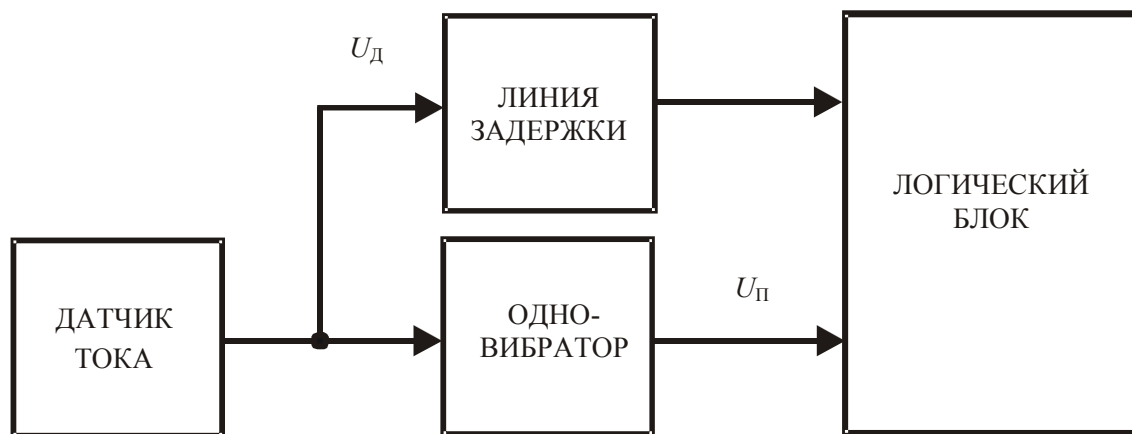


Рис. 4

Литература

1. Изотов П. П. Модернизация исполнительных пунктов управления наружным освещением г. Гомеля / П. П. Изотов, А. А. Кондратьев // Современные проблемы машиноведения : тез. докл. V МНТК. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2004. – С. 125–126.
2. Разработка исполнительного пункта наружного освещения городов с улучшенными массогабаритными и энергетическими показателями : отчет о НИР (промежуточ.) / УО «ГГТУ им. П. О. Сухого»; рук. работы П. П. Изотов. – Гомель, 2004. – 32 с. – № ГР 20042627.
3. Зарубежные интегральные микросхемы для промышленной электронной аппаратуры : справочник / А. В. Нефедов [и др.] ; под ред. Ю. Ф. Широкова. – М. : Энергоатомиздат, 1989.

Получено 09.06.2005 г.