

## **ОБВРЪЗКА НА РЕЛЕЙНА ОСИГУРИТЕЛНА ТЕХНИКА ПО ОПТИЧЕН КОМУНИКАЦИОНЕН КАНАЛ**

**Борис Атанасов**

[b.atanasov@butf.org](mailto:b.atanasov@butf.org)

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“*

*София, ул. „Гео Милев № 158*

*РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** безопасност, осигурителна техника, оптика, PLC, ТДИ, РПАБ, модернизация, SIL3, надеждност, разходи.*

***Резюме:** През последните години мрежата на ДП „НАЦИОНАЛНА КОМПАНИЯ „ЖЕЛЕЗОПЪТНА ИНФРАСТРУКТУРА““ медният съобщителен кабел, ползван за преносната среда (телекомуникационна кабелна мрежа) постепенно се подменя с оптични кабели. Конвенционална осигурителна техника ОТ е предвидена за работа по меден кабел. Това налага модернизацията на конвенционалните осигурителни системи за работа по комуникационен канал. Перспективно решение на тази задача е прилагането на безопасни технологии от индустриалната автоматизация. Безопасните технологии и PLC от индустрията са достъпни и приложими за модернизация на конвенционална осигурителна техника. Това се потвърждава в световен мащаб от редица фирми. Подходяща за целта е технологията SafetyBridge на Phoenix Contact, която комбинира безопасен програмируем логически контролер PLC и стандартна мрежова комуникация Ethernet. Към момента НКЖИ експлоатира две технически решения за конкретни приложения - РПАБ и ТДИ по оптика. Това са специфични фирмени разработки от български производители, конкретно конструирани за даденото приложение. Прилагането на технологията SafetyBridge има своята цена, която е по-висока спрямо тази на специфичните разработки. От гледна точка на безопасност, високата цена е напълно оправдана от притежаваните SIL3 сертификати. Въвеждането на модерни технологии от индустрията в НКЖИ е неизбежно, но се наблюдава забавяне от съществуващия консерватизъм в ЖП средите.*

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

През последните години в мрежата на ДП „НАЦИОНАЛНА КОМПАНИЯ „ЖЕЛЕЗОПЪТНА ИНФРАСТРУКТУРА““ медният съобщителен кабел, ползван за преносната среда (телекомуникационна кабелна мрежа) постепенно се подменя с оптични кабели. Така се цели постигане на висока надеждност на работа на осигурителните и комуникационни системи, респективно намаляват разходите за поддръжка.

Конвенционална осигурителна техника ОТ е предвидена за работа само по меден кабел. Това налага модернизацията на тези системи за работа по комуникационен канал, изграден върху оптична преносна среда. За целта е необходимо да се разработи

подходящ интерфейс, осъществяващ безопасно прехвърляне на дискретната информация (състояния на релета) по комуникационен канал. Перспективно решение на тази задача е прилагането на безопасни технологии от индустриалната автоматизация.

Безопасните технологии и PLC от индустрията са достъпни и приложими за модернизация на конвенционална осигурителна техника. Това се потвърждава в световен мащаб от редица фирми.

Холандския държавен оператор на инфраструктурата ProRail успешно експлоатира PLC гарова централизация [3]. Разработката е на фирма Movares, а основен градивен елемент е безопасният индустриален контролер HiMax, произведен от Hima.

Финландската фирма Mipro Oy /www.mipro.fi/ предлага решения за осигурителна техника, базирана на индустриален контролер GE Digital's iFIX (SIL 3 по IEC 61508), които успешно се експлоатират от Finnish Rail Administration (RHK) [4].

Подходяща за целите на модернизацията у нас е технологията SafetyBridge - индустриално мрежово решение за безопасност от Phoenix Contact. Включва безопасен програмируем логически контролер PLC и стандартна мрежова комуникация Ethernet, която безопасно предава данни между модулите на PLC на ниво протокол.

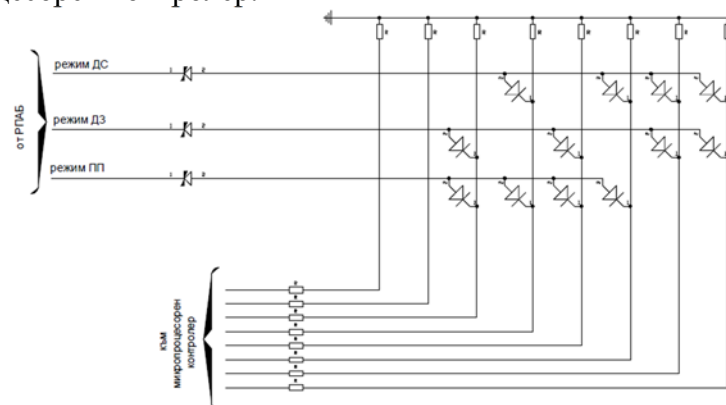
Към момента НКЖИ експлоатира две технически решения за конкретни приложения - РПАБ и ТДИ по оптика. Това са специфични фирмени разработки от български производители, конкретно създадени за даденото приложение.

## 2. ТЕХНИЧЕСКИ РЕШЕНИЯ ПО ОПТИЧНА ПРЕНОСНА СРЕДА

### 2.1. РПАБ ПО ОПТИКА [5] [6]

Релейна полуавтоматична автоблокировка РПАБ е телемеханична система за осигуряване на безопасно влаково движение между две съседни гари. Информацията между двете съседни гари се обменя чрез полярно уплътнена постояннотокова линейна верига с комбинирани линейни приемници в двете гари.

Разработен е преобразувател, позволяващ реализирането на режимите на работа на РПАБ, като връзката между полукомплектите му в двете съседни гари се осъществява по оптичен кабел. Преобразувателят се състои от шифратор, дешифратор и управляващ процесорен контролер.



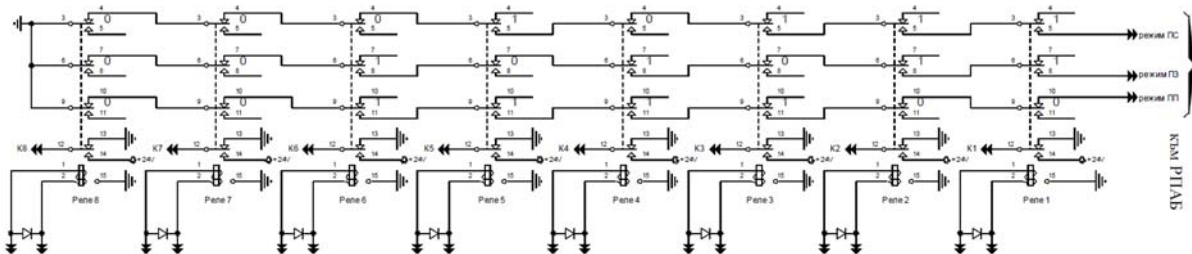
Фигура 1 Шифратор (диодна матрица)

Четенето на контактите от релейната апаратура се извършва посредством шифратор (Фигура 1), кодиращ постъпващите сигнали в осем разредни кодови комбинации.

Прилага се 8 разреден код на Хеминг с осигурена Хеминг дистанция 4 между отделните кодови комбинации. Следователно за трансформацията на една кодова комбинация в друга е необходим едновременният преход: 0 → 1 или 1 → 0 на четири бита от първоначалната комбинация. Кодовите комбинации постъпват в контролера,

който проверява тяхната коректност, при положителен резултат съответната кодова дума се предава по канала за връзка. При приемане на кодиран сигнал по канала за връзка, процесорният контролер подава приетия сигнал към дешифратора.

Схема на дешифратора е показана на фигура 4, с K1-K8 са означени контактите на релетата, служещи за контрол коректността на четенето. С „0” и с „1” са означени положението на контактите при незадействани, съответно задействани дешифраторни релета



Фигура 2 Релеен дешифратор

Към комплекта на ПАБ се подава само правилно наредена комбинация от релейния дешифратор. Правилността на комбинацията се проверява посредством извършване на обратно четене на контактите на релетата от дешифратора. Командата се поддържа само при съвпадение от обратното четене и при наличие на непрекъсната комуникация. За своевременно диагностициране на отделните състояния, в които се намира преобразувателят е предвиден светодиоден индикаторен панел.

## 2.2. ТАБЛО ЗА ДАЛЕЧНА ИНФОРМАЦИЯ ПО ОПТИЧЕН КАБЕЛ (ТДИОК)

ТДИОК осигурява преноса на информация за състоянието на АПУ до дежурния ръководител. Позволява на дежурния ръководител да отвори прелеза чрез използване на бутон далечно отваряне БДО. Не изисква преустройство в АПУ и промени в организацията за работа с ТДИ.

През 2006 година е прието за експлоатация в НКЖИ първото електронно ТДИ за работа по меден кабел ТДИ-М [1]. Изпълнено е с микроконтролер PIC18F252 и електронен интерфейс, притежаваща обратна съвместимост с линейната верига на съществуващите АПУ. За гарантиране на безопасно поведение при натискане на БДО е реализиран първокласен изход [2], който е изграден от безопасен при повреда декодер на еднофазно кодирана логическа променлива. Декодирането на еднофазно кодираната логическа променлива се осъществява от импулсен дешифратор с безиндуктивни компоненти, известен като транзисторен кондензаторен дешифратор КД. Дешифратора инвертира изходното напрежение, като създава критерии за повреда. Разпознаването на критерия за повреда е реализирано с поляризован елемент - DC/DC конвертор, притежаващ галванично разделяне между входа и изхода.

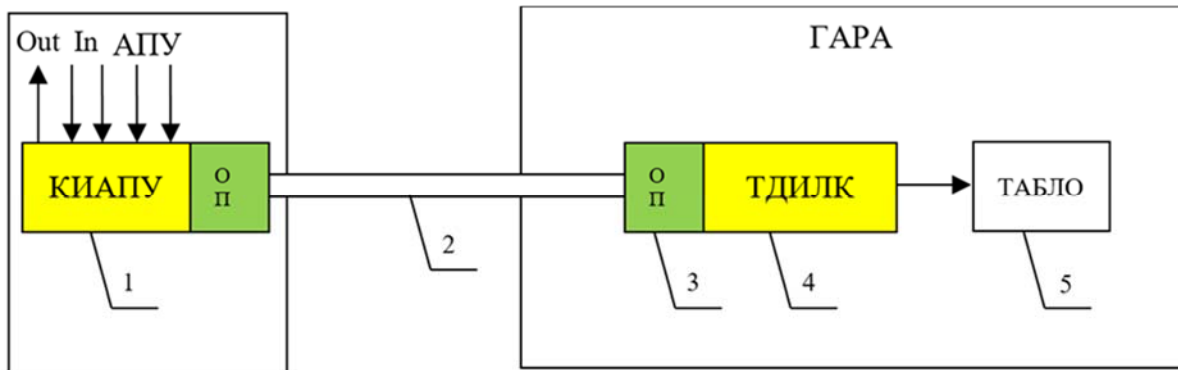
ТДИОК е еволюционно развитие на ТДИ-М, създадено през 2014 година. Ползва подобна архитектура и схемни решения, запазвайки обратна съвместимост с линейната верига на съществуващите АПУ. Изградено е с модерна версия на микроконтролера PIC32MX796F и допълнителен интерфейс за Ethernet комуникация. За реализиране на безопасно поведение при активиране на режим „далечно отваряне“ в АПУ се прилага декодиране от кондензаторен дешифратор с галванично разделен DC/DC конвертор в изхода.

ТДИОК се състои от комплект А (апаратура АПУ) и комплект Б (апаратура гара). Комплектите на всяко устройство са директно свързани помежду си по две оптични влакна.

### 2.3. КОМУНИКАЦИОННО ТДИ С БЕЗОПАСЕН PLC – КТДИ

КТДИ осъществява безопасна комуникация между АПУ и ТДИ по стандартна *Ethernet* мрежа, ползваща оптична преносна среда. Изпълнява изисквания за функционалност на ТДИ дадените в ТС ЖИ-002-2005. Съставено е от програмируеми логически контролери PLC по технологията SafetyBridge (1 и 4), които комуникират посредством оптичен преобразувател (3) по оптично влакно (2) и Табло за далечна информация (5), намиращо се при дежурния ръководител/прелезопазача.

Комуникационен интерфейс за автоматични прелезни устройства КИАПУ (1) се намира на релейния статив и е обвързан с релейната логика на прелеза. Табло за далечна информация (5) с логически контролер (4) ТДИЛК се намира в гарата.



Фигура 3 Структурна схема на комуникационно ТДИ

КИАПУ чете информацията от АПУ посредством входен модул, обвързан към фронтни контакти на релета ШСР, ПИР и НИР. Декодират се следните шест режима (посочени в Таблица 2), според режима на АПУ.

Таблица 1 Състояния на релетата в АПУ, според режима

Режим	ШСР	ПИР	НИР	ДОР
1. Отворен	1	1	1	0
2. Затворен	0	1	X	0
3. Неизправност	1	1	0	0
4. Повреда	X	0	X	0
5. Далечно отваряне - нормално	X	1	X	1
6. Далечно отваряне - повреда	X	0	X	1

Безопасния контролер, намиращ се в гарата е директно обвързан към елементите на ТДИ - бутона БДО, електромеханичния брояч, бутона ПБ, зумера и светлинните индикатори. Логиката на работа на ТДИ е конфигурирана в безопасния PLC.

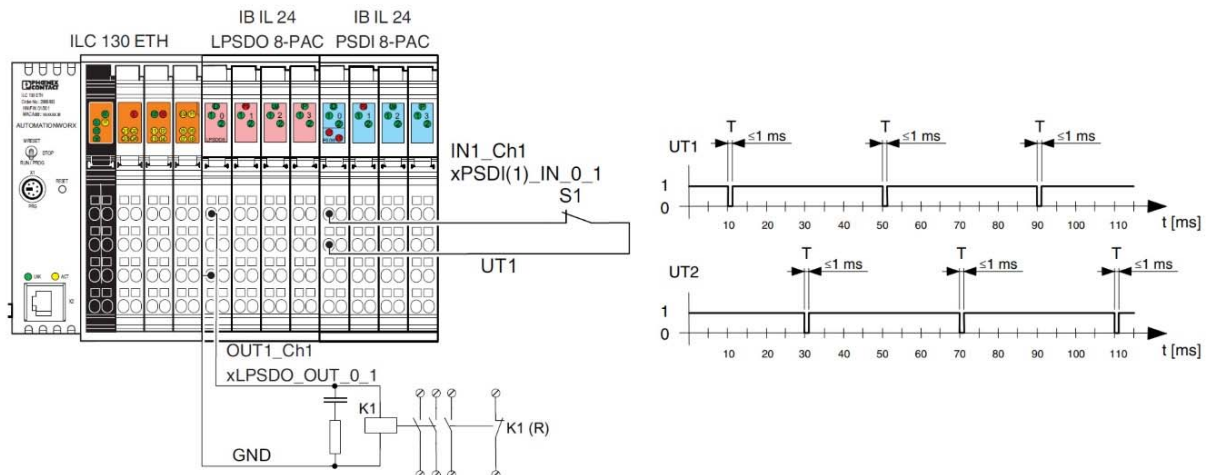
Допълнително е реализирана възможност за предаване на състоянието на релета УПАУ и УБС. Това е необходимо в случаите когато АПУ е обвързано с гарата.

### 3. СРАВНЕНИЕ НА РЕШЕНИЯТА ПО ОТНОШЕНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТА

Входно/изходните модули на безопасния PLC при SafetyBridge (Фигура 4) са предназначена за контрол на контактни сензори и управление на електромеханични изпълнителни елемент (контактори или релета), работещи с номинално напрежение 24V DC. Тази особеност ги прави директно съвместими (без необходимост от междинен интерфейс) с релейната логика в съществуващата конвенционална ОТ (например АПУ).

Важно допълнение към безопасността е високата надеждност на системата - MTBF>300 000 часа.

Това прави технологията SafetyBridge подходяща за модернизация на конвенционална ОТ като: ТДИ, междугарова блокировка, стрелка на открит път, разделен пост, ПВУ, дистанционно управление и др.



Фигура 4 Входно/изходни модули и обвързка на безопасния PLC при SafetyBridge

### 3.1. БЕЗОПАСЕН ЦИФРОВ ВХОД

При безопасния PLC цифровия вход допуска конфигурация за едноканален или двуканален режим на работа. Разполага с помощни сигнали UT1 и UT2 за достоверно четене на контактни системи (релета или бутони). При едноканално четене на фронтен контакт на първокласно реле с тактов сигнал UT1 се гарантира достоверността на информацията. Разпознава се късо съединение между вход и захранване положителен/отрицателен полюс или между вход и вериги работещи с тактов сигнал UT2. За предпазване от късо съединение в свързващия кабел между входния модул и фронтите контакти на първокласните релета се прилага двуканален режим на четене. Два фронтен контакта от едно реле се четат едновременно от два входа на модула, посредством тактови импулси UT1 и UT2.

За четене на непървокласен елемент (бутон БДО) от безопасния PLC се прилага двуканална интерфейсна схема, свързана към NO и NC контакти с тактови импулси UT1 и UT2. Тази схема разпознава прекъсване и късо във веригите на бутона, като дава възможност за допълнителна функционална проверка.

За сравнение при разгледаната схема на Фигура 1 не се разпознава късо съединение между вход и положителен полюс на захранването. При възникване на късо ще се получи недостоверна информация, която няма да бъде разпозната и ще бъде обработена като достоверна.

### 3.2. БЕЗОПАСЕН ЦИФРОВ ИЗХОД

Цифровия изход на безопасния PLC допуска хардуерна конфигурация за едноканален или двуканален режим на работа. Има възможност за активиране на строб импулси, тествачи работоспособността на комутация изхода полупроводников елемент. При нарушена работоспособност на изхода се преминава в защитно състояние – групово изключване на изходния модул.

Разпознава се късо съединение между изхода и захранване положителен или отрицателен полюс, контролира се претоварване в изходната верига.

За сравнение при разгледаната схема от Фигура 2 не се разпознава късо съединение към захранване или претоварване на изхода.

Реализирания с КД изход при ТДИОК също не разпознава късо съединение или претоварване в изхода.

Не разпознаването на късо съединение към захранване в изхода може да доведе до недопустимо активиране на изхода, което ще остане неразпознато от устройството.

### 3.3. БЕЗОПАСНА ЛОГИКА

Безопасната логика е достъпна за конфигуриране от потребителя, като функционални блок диаграми FBD в софтуера SAFECONF. Те са интегрирани с опциите на хардуера на безопасния PLC, като по този начин е създадено комплексно безопасно решение.



Фигура 5 Функционална проверка на бутон БДО (FBD антивалентност)

За реализиране на високоотговорна команда от стандартен бутон (както в случая с БДО) е предвиден функционален блок, който проверява работоспособността на бутона (Фигура 5). Това се постига посредством проследяване на прехода от незадействано в задействано състояние на бутона, със спазване на зададения интервал за преход (неопределено състояние). Правилната последователност в прехода потвърждава работоспособността на бутона и се допуска изпълнение на командата (задействане на изход ДОР). Подобен функционален тест не се прилага в разгледаните фирмени решения.

### 4. ИЗВОДИ

Прилагането на отделен безопасен принцип или хардуерно решение, като кодиране по Хеминг или изход с кондензаторен дешифратор не са гаранция за безопасното поведение на системата като цяло, особено когато не е ясно, как точно тези безопасни принцип и хардуерни решения са интегрирани в специфичния фирмен софтуер.

Реализацията на КТДИ демонстрира гъвкавостта на технологията SafetyBridge и предимствата, които предлага, спрямо разгледаните фирмени разработки. Приложението на новата технологията имат своята цена, която е по-висока спрямо тази на специфичните разработки. От гледна точка на безопасност, цена е напълно оправдана от притежаваните SIL3 сертификати за хардуер и софтуер. От експлоатационна гледна точка нито една специфична фирмена разработка не може да се похвали с висока надеждност, което е поредното предимство на безопасните PLC.

В дългосрочен аспект, приложението на технологията SafetyBridge за решаване на различни, актуални технически въпроси по модернизация на конвенционална ОТ е бюджетно ефективно решение, спрямо разработка на отделни специфични решения.

### ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Атанасов Б., Иновации в автоматичните прелезни устройства, произведени в България, брой 9 Железопътен транспорт, 2011
- [2] Атанасов Б., Начев В., Микропроцесорно управление и контрол на сигнали, брой 6 Железопътен транспорт, 2018

- [3] Makkinga F., Musters P., Beli T., New SIL 4 PLC interlocking reduces lifecycle costs, Signal + Draht (107) 7+8/2015
- [4] Mipro Oy, Designed for success, [https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download\\_assets/mipro-oy-designed-for-success-customer-story.pdf](https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/mipro-oy-designed-for-success-customer-story.pdf)
- [5] Димитрова Е., Управление и контрол на пространствено разсредоточени обекти в транспорта и енергетиката, Монография, София, 2016
- [6] Nikolov N., Goranov D., Dimitrova E., Semi-Automatic Block System /SABS/ with Fiber Optic Channel Data Transmission, XLVI Int. Sc. Conf. ICEST 2011, Nis, Serbia, June 29 - July 1, 2011, Proceedings of Papers, Vol. 3, ISBN: 978-86-6125-033-0, pp. 603-606

## CONNECTION OF RELAY INTERLOCKING SYSTEMS BY OPTICAL COMMUNICATION CHANNEL

**Boris Atanasov**

[b.atanasov@butf.org](mailto:b.atanasov@butf.org)

***Todor Kableshkov University of Transport  
Sofia, 158 Geo Milev Str.  
THE REPUBLIC OF BULGARIA***

***Key words:*** safety, communications, interlocking, optic, PLC, modernization, SIL3.

***Abstract:*** In recent years in the network of the National Railway Infrastructure Company, optical cables are gradually replacing the copper communication cable used for the transmission medium (telecommunication cable network). However, conventional interlocking systems are designed to work with copper cables. This requires the modernization of conventional interlocking systems for using a communication channel. Promising solution to this problem is the use of safety technologies from industrial automation. Industry-leading safety technologies and PLCs are affordable and applicable for upgrading conventional interlocking systems. A number of companies has confirmed this worldwide. Suitable for this is Phoenix Contact's SafetyBridge technology, which combines a safety programmable logic controller PLC and standard Ethernet network communication. Now, NRIC has two technical solutions for specific applications. These are specific developments from Bulgarian manufacturers specifically designed for the application. The implementation of SafetyBridge technology has its price, which is higher than that of specific developments. From a safety point of view, the high cost is fully justified by SIL3 certificates. The introduction of modern technology from the industry to NRIC is inevitable, but there is a slowdown due to the existing conservatism.