

В.В. Белозеров¹, Нгуен Туан Ань², Н.Г. Топольский² (Россия, Вьетнам)
(¹Южный федеральный университет, ²Академия ГПС МЧС России;
e-mail: ntp-tsb@mail.ru)

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА С ТЕРМОЭЛЕКТРОЗОНДИРОВАНИЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Предложена модель 2-х уровневой автоматизированной системы, которая с использованием термоэлектронзондирования электрооборудования и линейно-кабельных сооружений контролирует электрические параметры электрооборудования, приборов, проводов и кабелей, распознавая и предотвращая пожароопасные ситуации.

Ключевые слова: модель, пожарная безопасность, промышленный объект, термоэлектронзондирование, линейно-кабельное сооружение.

V.V. Belozerov, Nguyen Tuan Anh, N.G. Topolskii (Russia, Vietnam)

MODEL OF THE AUTOMATED SYSTEM OF FIRE SAFETY OF THE INDUSTRIAL TARGET WITH THERMOELECTRIC SOUNDING OF THE ELECTRIC EQUIPMENT AND LINEARLY-CABLE CONSTRUCTIONS

The model of the automated system which by means of thermoelectric sounding of electric devices and linearly-cable constructions supervises electric parameters of electric devices, wires and cables is offered, distinguishing and preventing fire-dangerous situations.

Key words: the model, fire safety, industrial target, thermoelectric sounding, linearly-cable constructions.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 24 января 2011 г.

1. Состояние проблемы

Несмотря на теоретический задел по диагностике пожарной опасности электроприборов и линейно-кабельных сооружений по токам утечки [1-5], проблема автоматизации предотвращения пожаров с использованием методов контроля токов утечки до настоящего времени не решена.

Это обусловлено рядом трудностей в решении задач обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов промышленности [6, 7]:

- сложностью систем пожаровзрывобезопасности из-за большого количества взаимосвязанных элементов и необходимости их контроля в реальном масштабе времени, что порождает огромный объем обрабатываемой информации;
- низкой чувствительностью существующих средств электрической и тепловой защиты, не позволяющих своевременно обнаруживать предожарные режимы оборудования и линейно-кабельных сооружений;

- отсутствием автоматических датчиков и устройств контроля токов утечки, позволяющих своевременно обнаружить превышение допустимого уровня токов утечки в работающем электрооборудовании и передать информацию на верхний уровень автоматизированной системы лицу, принимающему решение (ЛПР).

В настоящее время появились достаточные предпосылки для автоматизированного решения задач в системе пожаровзрывобезопасности объектов промышленности (высокое быстродействие ЭВМ, большие объемы памяти, широкая номенклатура измерительных и управляющих модулей, наличие достаточного опыта создания и эксплуатации автоматизированных систем и т.д.).

В связи с изложенным, была предпринята попытка моделирования автоматизированной системы, которая с помощью термоэлектронзондирования электрооборудования (ЭО) и линейно-кабельных сооружений (ЛКС), контролируя электрические параметры ЭО (напряжение, ток, активную и реактивную мощность, включая перекося фаз), а также температуру и электрофизические параметры изоляции ЛКС, вычисляет токи утечки каждого провода, распознавая пожароопасные ситуации и предотвращая возгорания путём автоматизированного отключения ЭО.

2. Способ решения

На примере производственного цеха авиационного завода Вьетнама разработана модель (рис. 1) автоматизированной системы предотвращения пожаров от ЭО и ЛКС (АСППЭ).

В связи с отсутствием приборов, позволяющих измерять токи утечки при работающем электрооборудовании, модель построена на вычислении токов утечки:

- по текущим значениям напряжений на проводах (U_{Ti}), которые измеряются модулями АЕТ-421;

- по текущим температурам проводов (T_{Ti}), которые измеряются термометрами-сопротивлениями (ТСМ-50М) и модулями W937Т (рис. 2);

- по сопротивлениям изоляции проводов (R_{ii}), которые формирует компьютер диспетчера перед включением электрооборудования (а затем после выключения) по результатам измерений прибором Е7-20 следующих параметров каждого провода относительно его изоляции в диапазоне частот от 25 Гц до 1 МГц [8]:

- индуктивности – L_i ;

- ёмкости – C_i ;

- активного сопротивления – R_i ;

- реактивное сопротивление – X_i ;

- проводимости – G_p ;

- тангенса угла потерь – $\text{tg } \delta$;

- добротности – Q_i ;

- модуля комплексного сопротивления – $|Z_i|$;

- угла фазового сдвига комплексного сопротивления – ϕ_i ;

- тока утечки (на постоянном токе) – I_i .

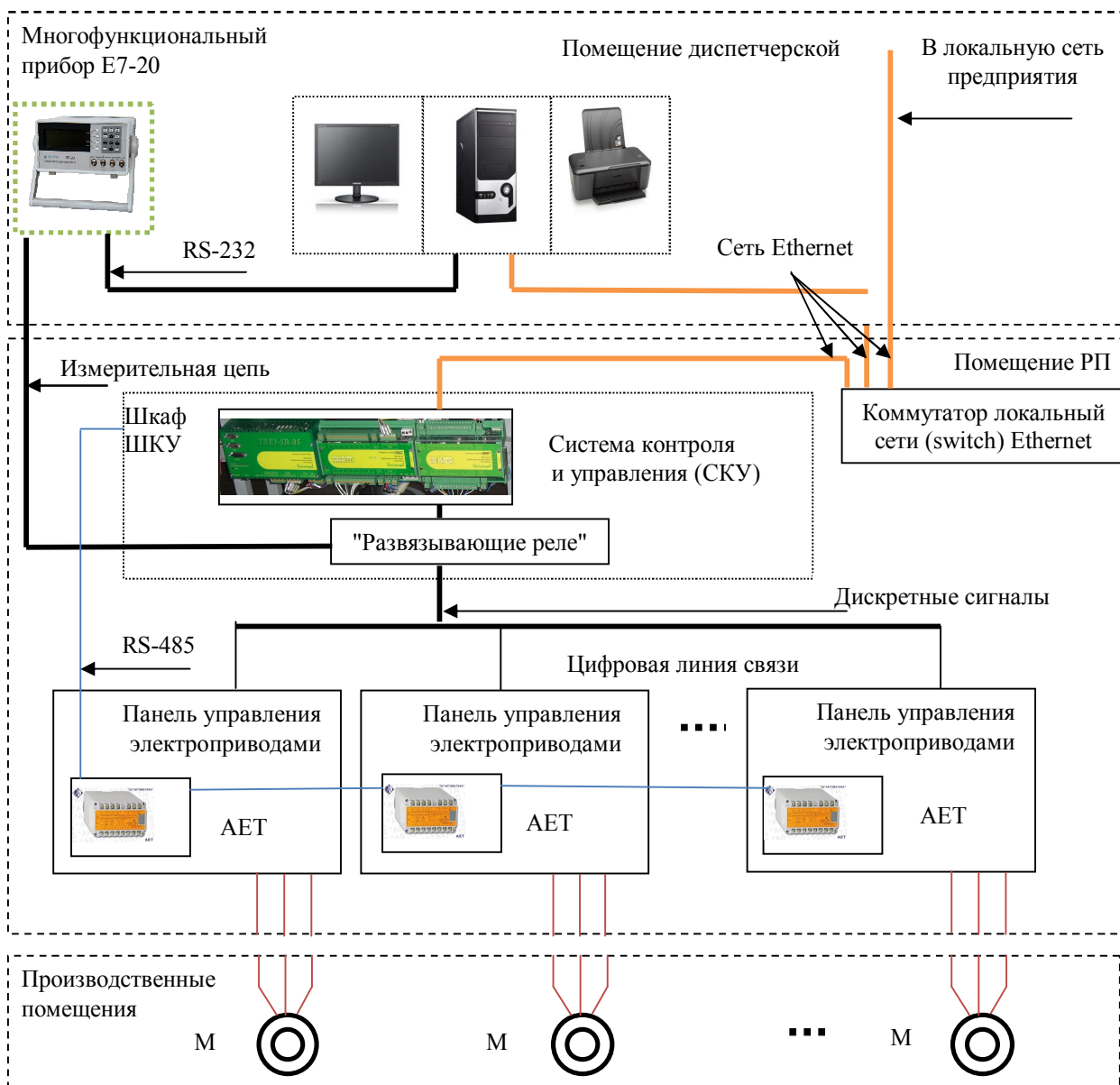
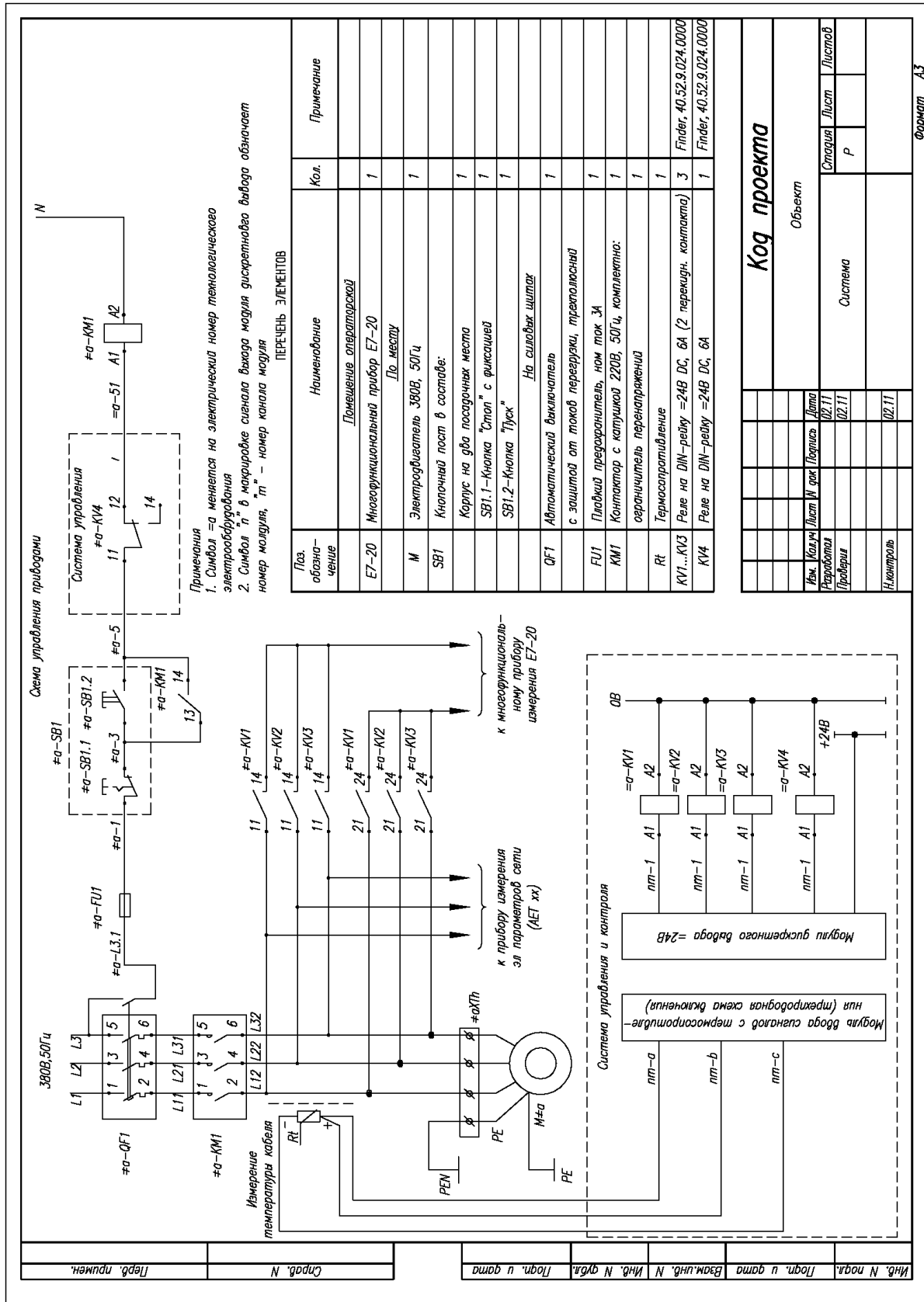


Рис. 1. Структурная схема АСППЭ цеха

Подключение E7-20 на каждый провод и отключение после окончания цикла измерений осуществляется реле (по 2 группы в каждом), которые включены в источник вторичного электропитания DRA120-24SSA (24В/5А) через 32-канальные модули вывода дискретных сигналов М 9540, управляемые контроллером (TREI-5В-05), состоящем из процессорного мастер-модуля М 902Е-24310, расширенного 2-мя модулями Ethernet, 2-мя модулями RS-485 (COM3, COM4) и 4-проводной платой RS-485. При этом сам E7-20, в отличие от контроллера, который подключен в компьютер диспетчера через Ethernet, включается через порт COM1 (RS-232) и программа "верхнего уровня" осуществляет цикл измерений каждого обесточенного провода, блокируя возможность включения через контроллер, меняя каждые 40 мс частоту измерений от 25 Гц до 1 МГц и записывая на диск функции указанных выше параметров, после чего вычисляет сопротивления изоляции проводов (R_{ii}), которые используются в дальнейшем при эксплуатации электрооборудования до следующего выключения.



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
E7-20	Многофункциональный прибор E7-20	1	Дополнение операторской
M	По месту	1	
SB1	Электропривод 380В, 50Гц	1	
	Кнопочный пост в составе:	1	
	Корпус на два посадочных места	1	
	SB1.1-Кнопка "Стоп" с фиксацией	1	
	SB1.2-Кнопка "Пуск"	1	
	На силовых щитах		
QF1	Автоматический выключатель с защитой от токов перегрузки, трехполюсный	1	
FU1	Плашки предохранитель, ном ток 3А	1	
KM1	Контактор с катушкой 220В, 50Гц, комплектно:	1	
	ограничитель перенапряжения	1	
Rt	Термостоповление	1	
KV1...KV3	Реле на DIN-рейку = 24В DC, 6А (2 перекидн. контакта)	3	Finder, 40.52.9.024.0000
KV4	Реле на DIN-рейку = 24В DC, 6А	1	Finder, 40.52.9.024.0000

Код проекта			
Объект			
Система			
Лист	Лист	Лист	Лист
№	№	№	№
02.11	02.11	02.11	02.11
Дата	Дата	Дата	Дата
02.11	02.11	02.11	02.11
Изм.	Изм.	Изм.	Изм.
02.11	02.11	02.11	02.11
И.контр.	И.контр.	И.контр.	И.контр.
02.11	02.11	02.11	02.11

Рис. 2. Схема управления электроприводами в цехе

Указанный цикл измерений занимает 1,2 с на каждый провод (4,8 с на 3 фазы и нулевой провод), а с вычислением функции $R_{ii}(T)$ на рабочей частоте (50 Гц) составляет менее 6 с на единицу электрооборудования, после чего компьютер диспетчера "разрешает" включение измеренного оборудования в работу и возвращается к циклическому опросу АЕТ-423 и записи в базу данных параметров работающего электрооборудования [8, 9].

Как только компьютер диспетчера "обнаруживает выключение" какого-либо электрооборудования по "нулевым показаниям" АЕТ-423 в цикле опроса, то тут же выдается команда контроллеру на блокировку его включения и запускается цикл измерений, описанный выше. При этом в базу данных всегда записывается текущая температура проводов и кабелей (T_{Ti}), что позволяет в течение длительного времени эксплуатации дополнять функции указанных выше параметров и функцию сопротивления изоляции проводов (R_{ii}), включая сезонные изменения температур и влажности в цехе (на схеме термогигрометр не показан), которые измеряются отдельным прибором и записываются в базу данных компьютером диспетчера.

При превышении токами утечки пожароопасного порога компьютер выдает диспетчеру "предложение на отключение и ремонт электроустановки", в которой это обнаружено. Диспетчер может отклонить отключение, если по технологии это недопустимо, но на его пульте появится окно с возможностью активации выключения, которое можно осуществить в любой момент. Однако после окончания технологического процесса и выключения "пожароопасной электроустановки", контроллер заблокирует её включение вновь до тех пор, пока выявленные нарушения не будут устранены и диспетчер введет команду допуска электроустановки к эксплуатации.

Как показали расчёты, проведенные по аналогии с реализацией модулей термоэлектронной защиты, отключающих электроприбор при возникновении пожароопасного отказа и дополнительного тепловыделения в нём [10], вероятность пожара в каждой единице ЭО снижается в 11 раз и составляет в нашем случае $4,4 \cdot 10^{-6}$ на единицу ЭО в среднем.

Оперативный контроль напряжений, токов, активной и реактивной мощности в каждом ЭО, а также токов утечки ЛКС в работающем оборудовании, с отключением их в случае превышения "уставок" (пороговых величин или скоростей увеличения токов утечки), снижает вероятность пожара в каждом ЭО и ЛКС ещё в 11 раз, что составит $4,0 \cdot 10^{-7}$ на электроустановку в среднем.

Таким образом, модель АСППЭ позволяет снизить установленную ГОСТом 12.1.004 вероятность пожара 10^{-6} в каждом ЭО и ЛКС в 2,5 раза [11].

3. Выводы

Предложена модель автоматизированной системы, которая с использованием термоэлектронзондирования электрооборудования и линейно-кабельных сооружений в реальном масштабе времени, контролируя электрические параметры ЭО (напряжение, ток, активную и реактивную мощность, включая перекося фаз), а также температуру и электрофизические параметры изоляции ЛКС, вычисляет токи утечки каждого провода, распознавая пожароопасные ситуации, и предотвращая возгорания путём их автоматизированного отключения.

Литература

1. **Смелков Г.Н., Александров А.А., Пехотиков В.А.** Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах. М.: Стройиздат, 1980. 87 с.
2. **Поединцев И.Ф., Смирнов В.В., Бойцов В.Ф.** Методика исследования зажигания оболочки кабеля локальными токами утечки // В сб. "Вопросы развития и автоматизации судовых электроэнергетических систем". ВНТО им. Акад. А.Н. Крылова. Вып. 521. Л.: ВНТО, 1992. С. 64-68.
3. **Тюгай С.И., Смирнов В.В., Иванов Е.А.** Нормирование токов утечки на корпус по условиям пожаробезопасности. Изв. ГЭТУ, 1993. Вып. 463. С. 52-58.
4. **Смелков Г.И., Смирнов В.В., Сашин В.Н.** Пожарная опасность длительных по времени локальных токов утечки в электрических сетях с изолированной нейтралью // Пожаровзрывобезопасность, № 4, 1994.
5. **Черкасов В.Н., Костарев Н.П.** Пожарная безопасность электроустановок. М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. 377 с.
6. **Нгуен Туан Ань.** Разработка автоматизированной системы защиты электрических кабелей гидроэлектростанции Вьетнама // Материалы восемнадцатой научно-технической конференции "Системы безопасности" – СБ-2009. М. Академия ГПС МЧС России, 2009. С. 184-185 (на английском языке).
7. **Тетерин И.М., Топольский Н.Г., Нгуен Туан Ань.** О предотвращении пожаров на промышленных объектах Вьетнама, вызванных токами утечки // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 1 (35). – 2011. – 9 с. -<http://ipb.mos.ru/ttb/2011-1>.
8. **Измеритель** иммитанса E7-20 / Руководство по эксплуатации // УШЯИ.411218.012 РЭ. Минск: ОАО "МНИПИ", 2004. 30 с.
9. **Устройство** программного управления TREI-5B-05 / Руководство по эксплуатации // TREI1.421457.001-00.РЭ. Пенза: Фирма "ТРЭИ ГМБХ", 2002. 68 с.
10. **Белозеров В.В., Тетерин И.М., Топольский Н.Г.** Модульные системы безопасности электроприборов // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 4. -2005. – 3 с. – <http://ipb.mos.ru/ttb/2005-4>.
11. **ГОСТ 12.1.004.** Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1992. 77 с.