

## ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ АПК

**Орлов Кирилл Викторович** доцент кафедры автоматизации и роботизации им. И.Ф.Бородина ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, OrlovKir@mail.ru

**Судник Юрий Александрович**, профессор кафедры автоматизации и роботизации им. И.Ф.Бородина ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, SudnikYA@mail.ru

**Аннотация:** Основной недостаток существующих методов и технических средств обеспечения электропожаробезопасности – отсутствие готовых к применению систем, позволяющих в длительном режиме проводить мониторинг значимых параметров электропожаробезопасности, их регистрацию во времени и хранение с целью дальнейшего анализа, интерпретации и прогноза общей вероятности электропожаробезопасной работы электрифицированного объекта АПК. Устранение таких недостатков позволяет повысить вероятность электропожаробезопасной работы электрифицированных объектов АПК. Для этого разработана комплексная технология мониторинга параметров электропожаробезопасности электрифицированных объектов АПК, позволяющая вырабатывать корректирующие воздействия на электрические режимы отдельных электропотребителей, входящих в состав АПК.

**Ключевые слова:** электропожаробезопасность, интегральный критерий, мониторинг, параметры электропожаробезопасности.

Электропожаробезопасность работы любого электрифицированного объекта АПК определяется интегральным критерием электропожаробезопасности  $P_{ЭПБ}$ , выражаемым в процентах и принимающим значения от 0 до 100%. Данный критерий формируется значимыми параметрами электробезопасности, представленными в таблице 1.

Таблица 1

### Значимые параметры электропожаробезопасности

№	Тип параметра	Наименование фактора электропожаробезопасности	Обозначение
1	Организационный	Фактор качества рабочего проекта	$k_{пр}$
2	Организационный	Фактор качества электромонтажных работ	$k_{эмп}$
3	Организационный	Фактор качества пусконаладочных работ	$k_{пнр}$
4	Организационный	Фактор влияния режимов эксплуатации	$k_{эксп}$
5	Физический	Фактор влияния тока линии	$I_{лин}$

6	Физический	Фактор влияния напряжения сети	$U_c$
7	Физический	Фактор влияния тока утечки линии	$I_{ут}$
8	Физический	Фактор влияния частоты питающей сети	$f_c$
9	Физический	Фактор влияния тока коммутационных неисправностей	$I_{кн}$
10	Температурный	Фактор влияния температуры окружающей среды	$t_{окр}$
11	Температурный	Фактор влияния температуры электропотребителя	$t_{эп}$
12	Температурный	Фактор влияния процессов разрушения изоляции	$m_t$

Функциональная зависимость интегрального критерия электропожаробезопасности  $P_{ЭПБ}$  с учетом параметров электропожаробезопасности имеет вид:

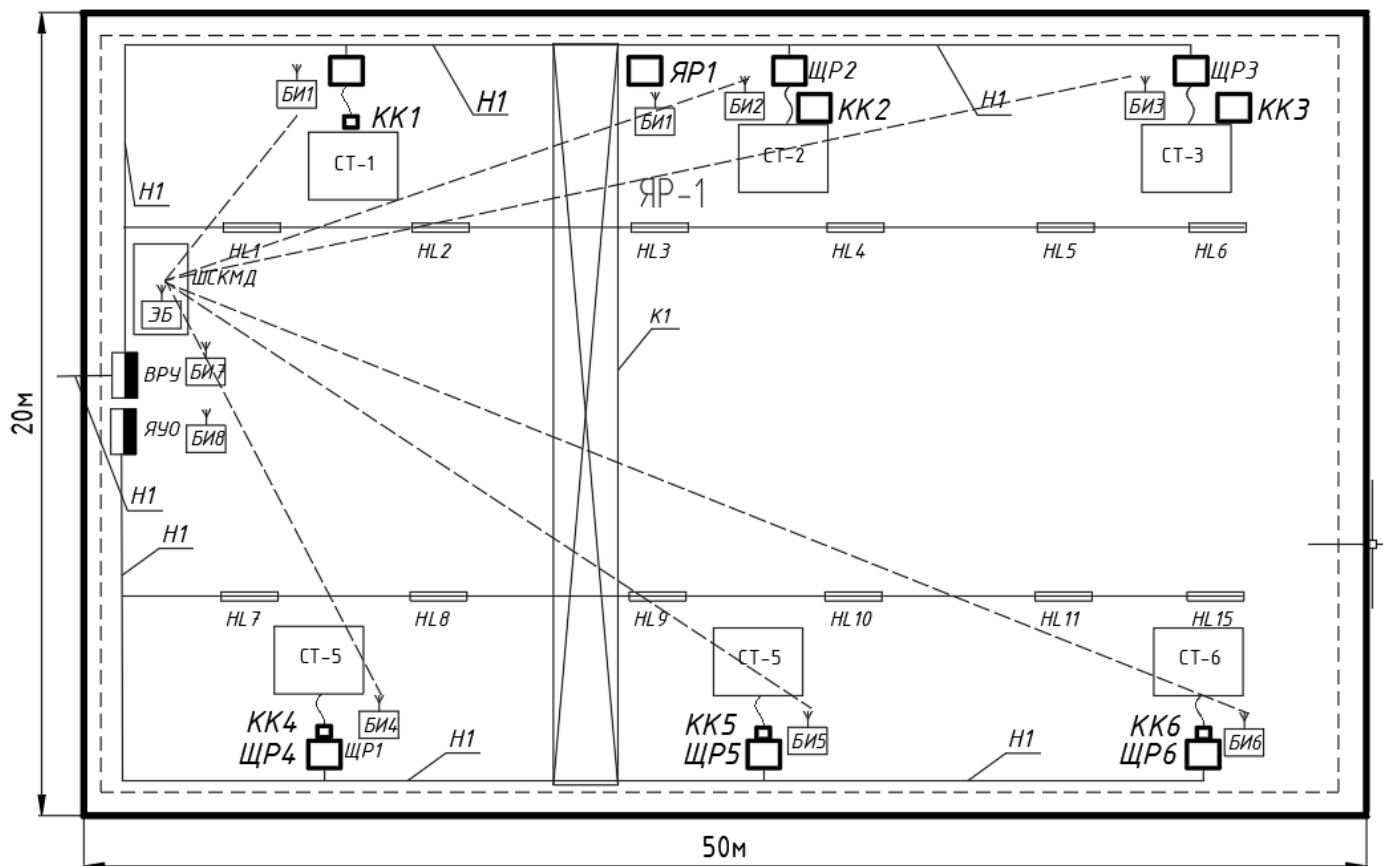
$$P_{ЭПБ} = f(K_{пр}; K_{эмп}; K_{нпр}; K_{экспл}; I_l; U_c; I_{ут}; f_{сети}; I_{кн}; t_{окр}; t_{авар}; m_t), \quad (1)$$

где:  $K_{пр}$  – коэффициент фактора качества проекта, учитывающий наличие согласованной рабочей документации на объекте;  $K_{эмп}$  – коэффициент фактора качества электромонтажных работ, учитывающий наличие исполнительной документации на объекте;  $K_{нпр}$  – коэффициент фактора пусконаладочных работ, учитывающий наличие технического отчета;  $K_{экспл}$  – коэффициент фактора эксплуатационных режимов, учитывающий соответствие таких режимов проектным значениям;  $I_l$  – ток линии, фактически измеренный в текущий момент времени;  $U_c$  – напряжение сети, фактически измеренное в текущий момент времени;  $I_{ут}$  – ток утечки линии, фактически измеренный в текущий момент времени;  $f_{сети}$  – частота питающего напряжения сети, фактически измеренная в текущий момент времени;  $I_{кн}$  – ток коммутационных неисправностей, фактически измеренный в текущий момент времени;  $t_{окр}$  – температура окружающей среды, фактически измеренная;  $t_{авар}$  – температура в окрестности электропотребителя, фактически измеренная;  $m_t$  – коэффициент скорости разрушения изоляции линии в аварийном режиме

С целью повышения уровня электропожаробезопасности электрифицированных объектов АПК, предложена комплексная технология мониторинга рассмотренных параметров электропожаробезопасности и проведено экспериментальное исследование системы, реализующей данную технологию на реальном электрифицированном объекте АПК. При этом согласно классификации в таблице 1, физические и температурные параметры электропожаробезопасности подлежат непосредственному мониторингу техническими средствами, а организационные учитываются при помощи специально разработанных методик, при этом влияя на конечное значение интегрального критерия электропожаробезопасности  $P_{ЭПБ}$ .

Расположение технических средств испытываемой системы, а также технологический состав электрифицированного объекта АПК представлены на

плане, на на рис 1.



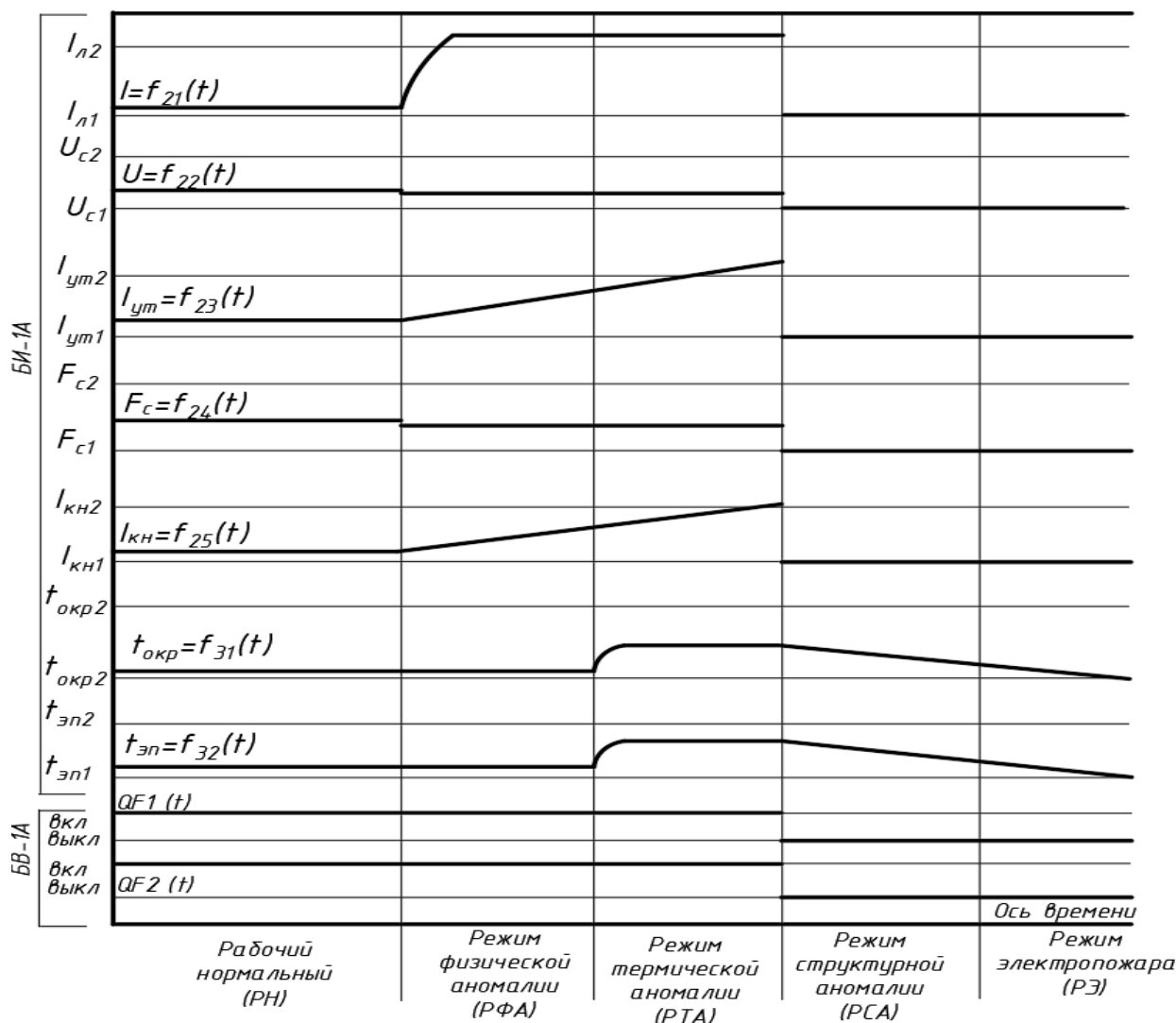
**Рис. 1 План электрифицированного объекта АПК (ремонтно-механическая мастерская) с расстановкой технических средств системы мониторинга электропожаробезопасности.**

Данный электрифицированный объект включает в себя существующее технологическое оборудование системы электрификации объекта АПК: ВРУ – вводно- распределительное устройство, ЯУО – ящик управления освещением, ЩР1...ЩР6 – щиты распределительные, НЛ1...НЛ8 – кабельные линии, К1 – внутренний контур заземления. Существующее технологическое оборудование: К1-кран-балка, СТ1...СТ6 электрифицированные станки различного назначения,

В состав системы комплексного мониторинга входят следующие элементы: ШСКМД – шкаф системы комплексного мониторинга и диагностики, ЭБ-электронный блок системы комплексного мониторинга, ЭБ – электронный блок системы комплексного мониторинга, ИБП – источник бесперебойного питания, АМ – антенный модуль, БРМП – блоки радиомодулей приёмо - передающие; БИ– блоки измерительные, РС – персональный компьютер. В ходе проведения эксперимента установлено 8 радиоканалов связи, работающих на частотах 2,4 ГГц.

В ходе экспериментальных исследований предлагаемой технологии мониторинга осуществлялась регистрация значимых параметров

электропожаробезопасности, результаты мониторинга изменений значимых параметров электропожаробезопасности представлены на диаграмме, рис.2.



**Рис 2. Диаграмма изменений значимых параметров электропожаробезопасности**

Диаграмма содержит функции изменения контролируемых параметров электропожаробезопасности:  $f_{21}(t)$  – функция изменения тока  $I_{л}$  линии, принимает значения от  $I_{л1}$  – минимальное значение тока линии; до  $I_{л2}$  – максимальное значение согласно рабочей документации (РД);  $f_{22}(t)$  – функция изменения напряжения  $U_c$  питания, принимает значения от  $U_{с1}$  – минимальное значение напряжения до  $U_{с2}$  – максимальное значение напряжения согласно нормативам (ГОСТ);  $f_{23}(t)$  – функция изменения тока  $I_{ум}$  утечки, принимает значения от  $I_{ум1}$  – минимально допустимое значение,  $I_{ум2}$  – максимально допустимое значение, определяемое правилами устройства эксплуатации (ПУЭ и ПТЭЭП);  $f_{24}(t)$  – функция изменения частоты  $F_c$  напряжения питающей сети, принимает значения от  $F_{с1}$  – минимально допустимое значение,  $F_{с2}$  –

максимально допустимое значение согласно нормативам (ГОСТ),  $f_{25}(t)$  – функция изменения тока  $I_{кн}$  коммутационных неисправностей, принимает значения от  $I_{кн1}$  – минимальное значение тока коммутационной неисправности, до  $I_{кн2}$  – максимально допустимое значение тока коммутационной неисправности;  $f_{31}(t)$  – функция изменения температуры  $t_{окр}$  окружающей среды, принимает значения от  $t_{окр1}$  – минимальная температура,  $t_{окр2}$  – максимально допустимая температура (согласно общим указаниям РД),  $f_{32}(t)$  – функция изменения температуры  $t_{эн}$  электропотребителя ЭП, принимает значения от  $t_{эн1}$  – минимально допустимая температура, до  $t_{эн2}$  – максимально допустимая температура (согласно паспорту изделия); функции состояний  $QF_1(t)$ ,  $QF_2(t)$  расцепителей автоматических выключателей ВРУ и ЩР (включено/выключено) согласно рис.1.

Данная диаграмма (рис.1) позволяет сформулировать требования к программному обеспечению технологии непрерывного мониторинга параметров электропожаробезопасности, обеспечивающего визуализацию, алгоритм расчета и прогнозирования интегрального критерия электропожаробезопасности  $P_{ЭПБ}$  электрифицированных объектов АПК, а также повысить уровень электропожаробезопасной работы таких объектов.

### Библиографический список

1. Орлов, К.В. Комплексный мониторинг электропожаробезопасности систем электроснабжения. / К.В. Орлов // Научные труды Московской международной межвузовской научно-технической конференции (г. Москва, 19-20 декабря 2023 г.), посвященной 100-летию, д.т.н., профессора Н.Ф. Тельнова; Том 1 – Москва: Изд-во ФГБОУ ВО РГАУМСХА имени К. А. Тимирязева, 2023, с. 333-338 (5 п.л.).

2. Журавлёв, Д.В. Разработка системы комплексного мониторинга пожарной безопасности объектов энергетического комплекса // В.И. Зыков // Материалы VIII Международной научно-практической конференция молодых учёных и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2019». - М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. - С. 55-61.

3. Титов, Е.В. Визуализация электромагнитной обстановки с возможностью одновременной оценки допустимого времени пребывания / Е.В. Титов, Е.Б. Осьмушкина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. -2020 - №11 (193). -С. 126-130.

4. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году [Текст]: статистический сборник / Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2021. – 134 с.