

С.И. Черный, А.С. Довгань, Н.А. Яланская
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Совершенствование и развитие технологических процессов горных предприятий предъявляют все более высокие требования к качеству электроснабжения и функционированию электрооборудования. В технологических комплексах широко используются электродвигатели, системы тиристорно-импульсного управления, конденсаторы, системы сбора и обработки информации. Показатели работы электротехнической части технологического комплекса существенно зависят от надежности работы элементов электрооборудования. К факторам, оказывающим действие на работу электрооборудования, следует отнести интегрирующий показатель – температуру изоляции, преобразователя и т. д. [1, 2, 3, 4], которая существенно влияет на срок службы изоляции и на работу электронных приборов. Для производительной работы электрооборудования необходима оперативная оценка температурных показателей его элементов.

Известны исследования по контролю работы электрооборудования и диагностики его состояния [1, 2, 3, 4]. Анализ их содержания показывает, что при контроле показателей работоспособности электрооборудования необходимо знать реальную температуру его элементов. При этом важен контроль не одного какого-либо элемента, а составляющих целой разнородной системы. Например, для нормальной работы электропривода необходимо контролировать не только температуру изоляции двигателя, но и температурные показатели полупроводниковых преобразователей. Однако при возникновении аварийных режимов существующие системы контроля не обеспечивают необходимой надежности их работы. Так, при одновременном контроле температурных характеристик полупроводниковых преобразователей и температуры двигателя отсутствие гальванической развязки в системе контроля при пробое изоляции двигателя может привести к повреждению как системы контроля, так и элементов полупроводниковых преобразователей.

Цель статьи – разработка направлений и технических предложений по контролю показателей теплового состояния элементов электрооборудования.

Для теплового контроля элементов электрооборудования в качестве датчиков широко используются резистивные и генераторные преобразователи, т.е. термосопротивления и термопары [5]. Применение отмеченных датчиков температуры в ряде случаев дает положительный эффект. Однако возникают ситуации, когда их использование невозможно. Часть электрооборудования находится под напряжением и поэтому отмеченные датчики непригодны. Характерным для работы электрооборудования есть пробой изоляции, что при использовании резистивных и генераторных преобразователей может привести к отрицательным техническим и эргономическим последствиям. Необходимы такие

преобразователи и передающие элементы, которые бы исключали попадание высокого напряжения на элементы схем управления.

Известны технические предложения устройств для передачи энергии светового сигнала на элементы электрооборудования, что находятся под напряжением, которые содержат источник оптического излучения, волоконно-оптический канал в виде волоконно-оптической изоляционной конструкции и световода с преобразователем оптического излучения [6]. Отмеченные разработки позволяют осуществлять гальваническую развязку между источником электрической энергии и элементами схем защиты. Недостаток приведенных устройств – невозможность получить обратный сигнал с характеристиками тепловых показателей. Устранить это можно при использовании термооптических преобразователей, которые меняют свои характеристики под действием температуры.

На рисунке приведена функциональная схема устройства для измерения температуры электрооборудования, которое содержит синхронный генератор электрических и световых импульсов 1, регистрирующее устройство 2, термооптические элементы 5, анализатор 7, световодно-оптические системы 3, световодный конус 6, спектральный фильтр 8, соединенный с ключевой схемой 10. При этом ключевая схема двумя выходами соединена соответственно через блок нелинейных функций 12 и линию задержки 11 из коммутатором 13. Блок нелинейных функций 12 соединен с регистрирующим устройством 2. Генератор электрических и синхронных световых импульсов 1 электрически соединен с коммутатором 3 и ключевой схемой 10. Кроме того, генератор $N + 1$ выходом через волоконно-оптические изоляционные элементы 14 и световоды 15, 16 через поляризаторы 4 и термооптические элементы 5 соединен со световодным конусом 6. При этом эталонный световод 16 через поляризатор 4 и термооптический элемент 5 непосредственно соединен со световодным конусом 6, а для других N оптических систем 3 между термооптическим элементом 5 и световодным конусом 6 размещены волоконно-оптические линии 17. После световодного конуса 6 находятся анализатор 7, волоконно-оптическая линия 18, которая через волоконно-оптический и изоляционный элемент 14, световод 15 и фильтр 8 соединена с приемником излучения 9.

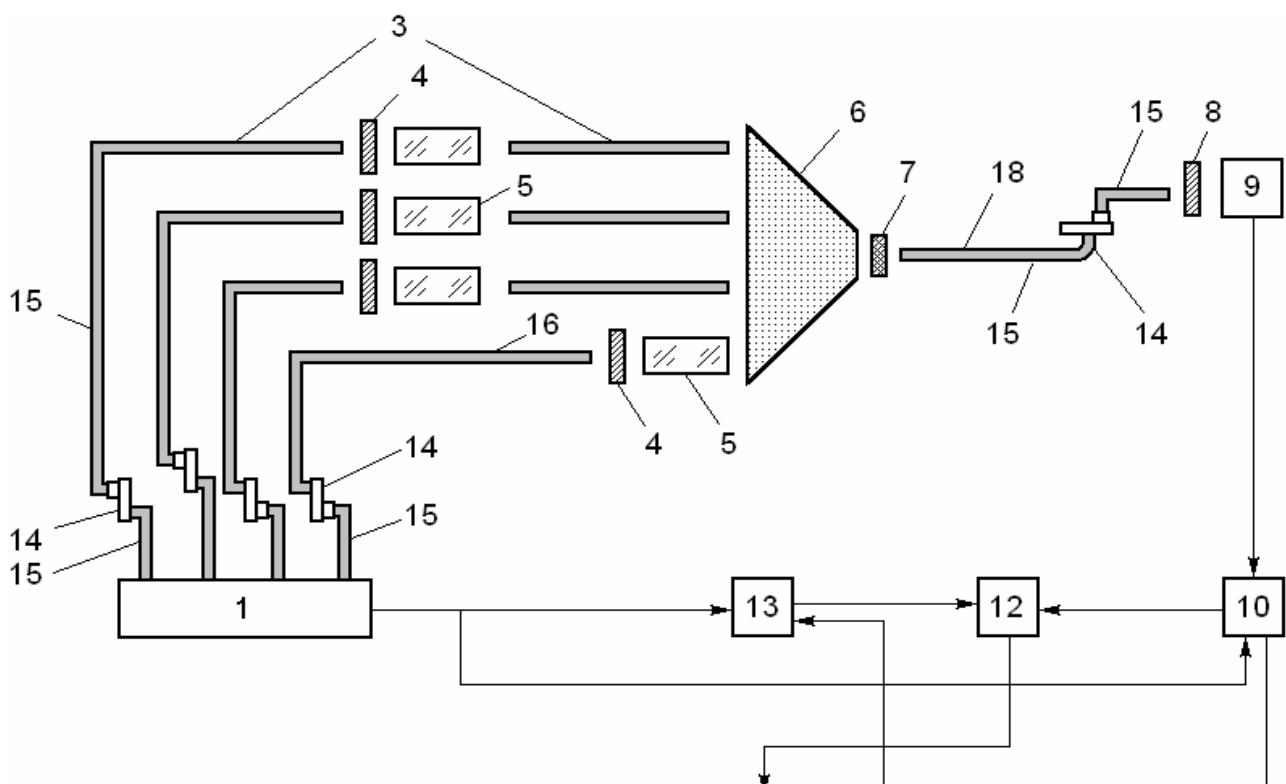
Рассмотрим работу приведенной системы. Генератор электрических и синхронных световых импульсов 1 генерирует электрические и световые импульсы. Последние поочередно через световодооптические линии 3 по световодам 15 и волоконно-оптическим изоляционным элементам 14 через поляризатор 4 и термооптический элемент 5 попадают в световодный конус 6. Для эталонного световода 16 световой сигнал достигает светового конуса 6 сразу после поляризатора 4 и термооптического элемента 5. После световодного конуса 6 импульсы света проходят через анализатор 7, волоконно-оптический изоляционный элемент 14, световод 15, спектральный фильтр 8 и фиксируются приемником излучения 9, в котором за промежуток времени T превращается в $N + 1$ импульс с периодом T/N .

Преобразованные приемником излучения 9 импульсы напряжения, которые соответствуют тепловому сигналу N точек измерения и интенсивности света эталонного световода 16, распределяются ключевой схемой 10. При этом $N + 1$ импульс поступает на линию задержки. Время задержки эталонного импульса $t = T(N + 1) / N$. Когда поступает i -й измерительный импульс на первый вход блока нелинейных функций 12, коммутатор 13 по сигналу электрического импульса генератора световых и электрических импульсов 1 выбирает задержанный на время $t_3 = iT / N$ эталонный импульс на вход блока нелинейных функций 12. С выхода блока нелинейных функций 12 на регистрирующее устройство 2 поступает сигнал $U_i = f\left(\frac{A_i}{B_i}\right)$, который соответствует значению температуры точки измерения, где f – нелинейная функция, по которой изменяется интенсивность света сигнала, который проходит через термооптический элемент в зависимости от температуры; A_i – измеренный сигнал, который пропорционален интенсивности света, что проходит через i -й термооптический элемент 5; B_i – эталонный сигнал, пропорциональный интенсивности света эталонного световода 16, задержанный на время $t_3 = iT / N$.

Предложенное устройство для измерения температуры позволяет за счет волоконно-оптических изоляционных элементов осуществить гальваническую развязку между объектом измерения и устройствами обработки информации.

Получая сигнал напряжения, можно прогнозировать износ изоляции. Для прогнозирования износа изоляции трансформаторов и двигателей можно использовать известные зависимости [1, 2]:

$$z(t) = \left(\frac{1}{T_H}\right) \exp\{-g[q_{ном} - q_c(t) - u(t)]\}, \quad (1)$$



где $z(t)$ – относительный износ изоляции; T_H – нормативный срок службы изоляции; g – постоянная константа скорости старения; $q_{ном}$ – нормируемая температура изоляции; $q_c(t)$ – температура окружающего воздуха, $u(t)$ – превышение температуры изоляции над температурой окружающей среды.

Для определения износа изоляции конденсаторов можно применить формулу, полученную по результатам прямо-сдаточных испытаний [2]:

$$z_i = A_n (U_i q_i)^n, \quad (2)$$

где A_n – коэффициент, определяемый типом конденсатора; U_i – напряжение конденсатора; q_i – перегрев изоляции; n – постоянная константа.

Температура полупроводниковых преобразователей определяется из соотношения [5]

$$R_T = R_0 \left\{ \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \right\}, \quad (3)$$

где R_T , R_0 – сопротивления электронного преобразователя, соответствующие температурам T и T_0 ; B – коэффициент, определяющий температурную чувствительность преобразователя.

Зависимости (1) – (3) легко реализуются в измерительно-вычислительных комплексах.

Таким образом на основании проведенных исследований изложены технические предложения и методические подходы, позволяющие контролировать температуру частей электрооборудования, находящихся под напряжением, и прогнозировать ресурс изоляции.

Дальнейшие разработки в данной области могут быть продолжены созданием измерительно-информационных систем алгоритмов и программ, ориентированных на использование в компьютерных системах.

Список литературы

1. Клевцов А.В. Контроль ресурса трансформаторов тяговых подстанций //Сб. научн. тр. Всесоюз. заочного ин-та инж. ж.-д. транспорта. – 1984. – № 121. – С. 86-89.
2. А.с. СССР № 1707698, МКИ Н02 Н7/16; Н5/04. Устройство для вероятностно-статистического контроля износа конденсаторов /С.И.Черный. – Оpubл. 23.01.92. Бюл. № 22.
3. Поляков В.И. Интегральный критерий теплового состояния изоляции электрических машин //Электричество.– 1985. – №9. – С. 49-55.
4. Обручев Ю.В., Пешков И.Б. Расчет технического ресурса и допустимой температуры маслонаполненных кабелей //Электротехническая промышленность: Сер. Кабельная техника. – 1984. – №7. – С. 9-11.
5. Измерение неэлектрических величин /А.М.Туричин, П.В.Новицкий, Е.С.Левшина и др.; Под ред. П.В.Новицкого. – Л.: Энергия, 1975. –126 с.
6. Карин И.Г. Устройства электропитания с использованием световодов //Электротехника. – 1990. – №8. – С. 29-35.