

ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО МАРКИ Т 1500 И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Козлов Владимир Константинович

д.ф.-м.н., профессор, профессор

Валиуллина Дилия Мансуровна

к.т.н., доцент, доцент

ФГБОУ ВО «Казанский государственный
энергетический университет»

Аннотация: В процессе эксплуатации маслonaполненного оборудования изменяются электроизоляционные свойства трансформаторного масла, т.е. происходит «старение». В связи с этим необходима своевременная диагностика состояния трансформаторного масла. В работе представлены результаты исследования визуальных характеристик трансформаторного масла марки Т 1500. Приведен анализ фотографий и спектров данного трансформаторного масла, даны интерпретации наблюдаемых явлений.

Ключевые слова: трансформаторное масло, спектр излучения, люминесценция, Релеевское излучение, ароматические соединения, бензольное кольцо.

TRANSFORMER OIL OF THE T 1500 BRAND AND IT'S CHARACTERISTICS

Kozlov Vladimir Konstantinovich

Valiullina Diliya Mansurovna

Abstract: During the operation of oil-filled equipment, the electrical insulating properties of transformer oil change, i.e. "aging" occurs. In this regard, timely diagnostics of the transformer oil condition is necessary. The paper presents the results of a study of the visual characteristics of transformer oil brand T 1500. The analysis of photographs and spectra of this transformer oil is given, interpretations of the observed phenomena are given.

Keywords: transformer oil, radiation spectrum, luminescence, Rayleigh radiation, aromatic compounds, benzene ring.

Определение характеристик трансформаторного масла и их изменения в процессе эксплуатации возможно проводить визуальным способом согласно методике, предложенной в [1, с.109]. Для корректной расшифровки фотографий масел при освещении их разными источниками света нами проведено одновременное фотографирование образцов масел с параллельным измерением спектров излучения различных участков масел.

На рис. 1 приведены фотографии масел Т 1500 в кювете размером 50 мм при облучении ее зеленым лазером (рис. 1 а) с длиной волны 531 нм, красным лазером (рис. 1 б) с длиной волны 654 нм, источником синего цвета (рис. 1 в) с длиной волны с максимумом 400 нм и полушириной линии излучения ~ 25 нм и источником белого цвета (рис. 1 г) с линией накачки на длине волны 447 нм. Облучение производилось с правой стороны кюветы, прошедшее излучение регистрировалось с помощью зеркала находящегося после кюветы под углом 45° к направлению распространения облучаемого излучения.

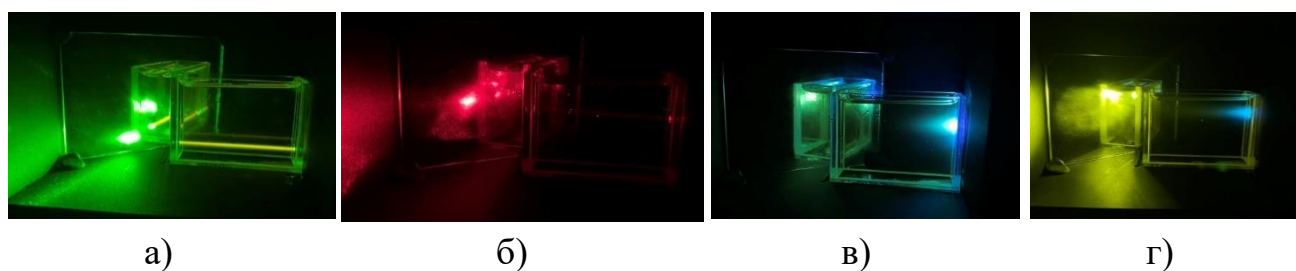


Рис. 1. Фотографии кюветы с маслом Т 1500 при освещении их:

*а – излучением зеленого лазера; б – излучением красного лазера;
в – излучением источника синего света; г – излучением источника белого света*

На рис. 2 приведены спектр излучения в начале кюветы и спектр источника зеленого излучения, которым облучается масло. Прошедшее излучение имеет зеленый цвет.

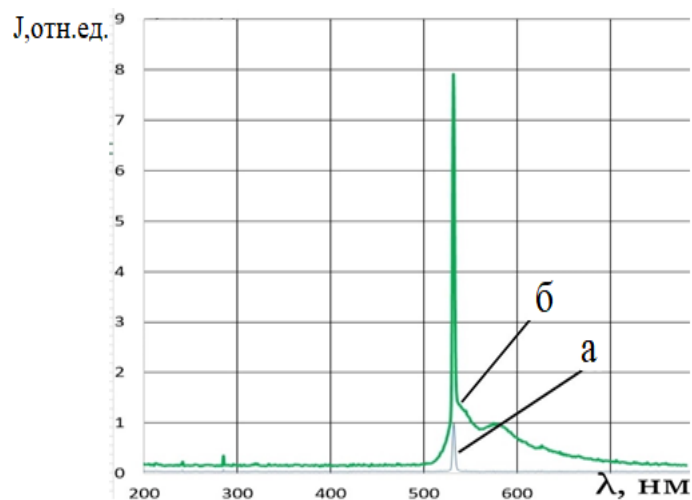


Рис. 2. Спектр зеленого лазера

а) и спектр свечения масла, б) при этом освещении

На рис. 3 приведены спектр излучения масла марки Т 1500 при облучении источником синего света и зарегистрированный от участка масла в начале кюветы.

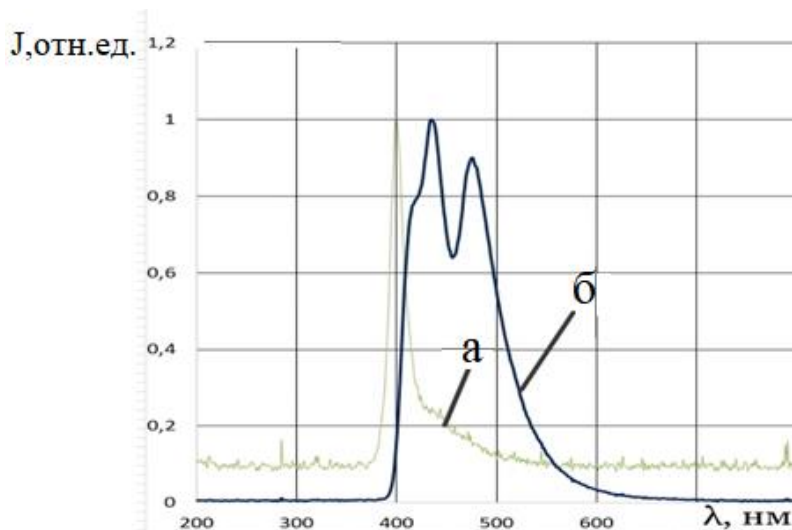


Рис. 3. Спектр синего источника света

*а) и спектр свечения масла, б) при этом облучении
зарегистрированный в начале кюветы*

На рис. 4 приведены спектр излучения масла марки Т 1500 при облучении источником синего света и зарегистрированный от участка масла в середине кюветы. Прошедшее излучение имеет зеленый цвет.

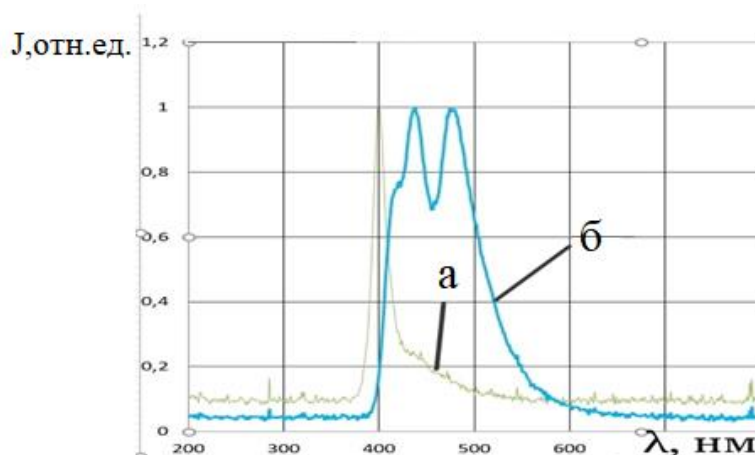


Рис. 4. Спектр синего источника света
*а) и спектр свечения масла б) при этом облучении,
 зарегистрированный в середине кюветы*

На рис. 5 приведены спектр излучения масла марки Т 1500 при облучении источником белого светодиода и зарегистрированный от участка масла в начале кюветы.

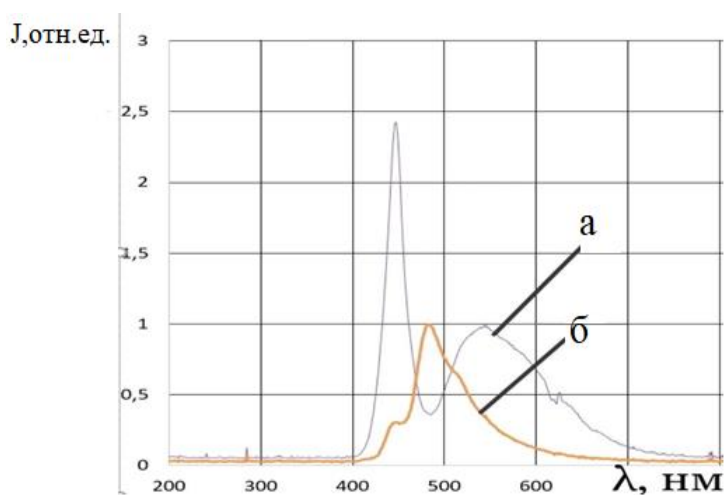


Рис. 5. Спектр белого светодиода
*а) и спектр свечения масла б) при этом облучении,
 зарегистрированный в начале кюветы*

На рис. 6 приведен спектр излучения масла марки Т 1500 при облучении источником белого светодиода и зарегистрированный от участка

масла в середине кюветы. Прошедшее излучение имеет светло-желтый цвет.

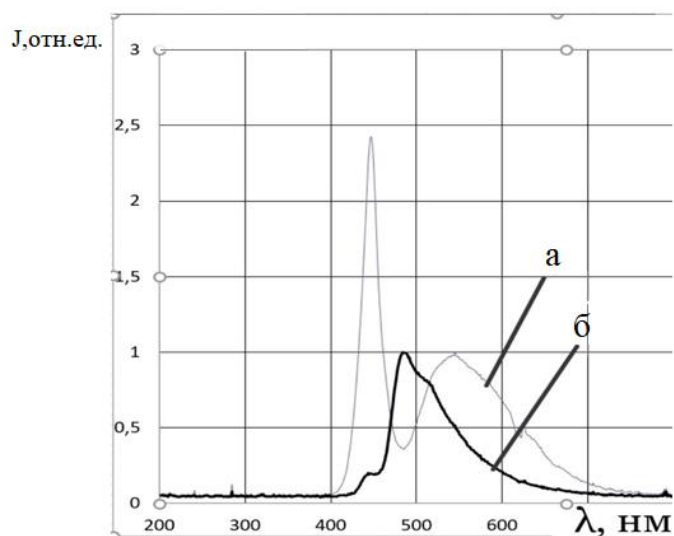


Рис. 6. Спектр белого светодиода

а) и спектр свечения масла б) при этом облучении, зарегистрированный от участка масла в середине кюветы

При облучении красным светом рассеянного излучения не наблюдается.

Согласно общим соображениям, изложенным в [2, с. 43], в перпендикулярном к облучающему излучению направлению наблюдается рассеянное на частицах масла Релеевское излучение и люминесценция молекул ароматических соединений в составе масла. В прошедшем излучении наблюдается спектр источника облучения, ослабленный за счет Релеевского рассеяния на частицах масла и молекулярного поглощения, обусловленного молекулами, входящими в состав масла.

Анализ фотографий и спектров, приведенных выше, позволяет дать однозначную интерпретацию конкретных вкладов в наблюдаемые явления.

Анализ фото рис. 1 а) и спектров рис. 2 показывает, что в масле Т 1500 наблюдается рассеяние зеленого света и люминесценция (цвет излучения желтый). Причем люминесценция рис. 2 б) обусловлена ароматическими молекулами, которые имеют в своём составе ароматическую систему сложного строения с количеством бензольных колец в молекуле больше трех.

При облучении красным светом, отсутствие излучения на фото рис. 1 б) подтверждает тот факт, что более сложных молекул, чем вышеописанные, в

масле Т 1500 нет и нет люминесценции возбуждаемой излучением красного лазера.

Анализ фото рис. 1 в) и спектров рис. 3 и рис. 4 дает основание для интерпретации излучения на фото обусловленного люминесценцией ароматических молекул, а расположение спектров в шкале длин волн позволяет заключить, что это молекулы, имеющие в своем составе три-четыре бензольных кольца. Сохранение формы спектра, как вначале так и в середине кюветы, свидетельствует о люминесцентном характере излучения и достаточно большой концентрации этих молекул. За счет перепоглощения коротковолнового излучения на выходе кюветы наблюдается зеленое прошедшее излучение.

Анализ фото рис. 1 г) и спектров рис. 5 и 6 показывает, что в масле Т 1500 при освещении белым светом присутствует излучение люминесценции обусловленного ароматическими соединениями, несколько более сложными, чем в случае люминесценции при возбуждении синим источником. Рассеянного излучения не наблюдается, что свидетельствует об отсутствии частиц в трансформаторном масле. Рассеяние в более длинноволновой области (больше 500 нм) отсутствует, что является подтверждением отсутствия больших частиц в масле Т 1500, которое также засвидетельствовано отсутствием рассеяния красного излучения. Таким образом визуальные характеристики трансформаторного масла марки Т 1500 при различных источниках освещения позволяют определить характеристики этого масла.

Список литературы

1. Козлов В. К., Валиуллина Д. М., Енюшин В. Н., Гиниатуллин Р. А. Диагностика состояния трансформаторного масла по его координатам цветности // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2022. – Т. 78. – № 3. – С. 109-115.
2. Козлов В. К., Валиуллина Д. М., Туранова О. А., Туранов А. Н. Механизмы деградации трансформаторных масел // Электрические станции. – 2022. – № 2(1087). – С. 41-44.

© В.К. Козлов, Д.М. Валиуллина, 2023