

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.
Тел.: 89159774697.

Худяев Олег Владимирович, аспирант кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Россия.

196601, г. Санкт-Петербург – Пушкин, Петербургское шоссе, 2.

Тел.: (812) 451-76-18.

Ключевые слова: энергообеспечение; сельское хозяйство; безопасность; эффективность; электросети; нагрузка.

ASPECTS OF EFFICACY AND SAFETY UNBALANCED LOAD IN THE ELECTRIC SYSTEM

Orlov Pavel Sergeyeovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the chair “Electrification”, Yaroslavl State Agricultural Academy. Russia.

Shkrabak Vladimir Stepanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair “Safety of Technological Processes and Productions”, St. Petersburg State Agrarian University. Russia.

Goldobina Lyubov Alexandrovna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair “Construction”, Saint-Petersburg National University of Mineral Resources “Gorniy”. Russia.

Shkrabak Roman Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair “Professional Certification and Innovation”, St. Petersburg State Agrarian University. Russia.

Kochkin Sergey Petrovich, Head of the chair “Power Distribution Networks”, Yaroslavl State Agricultural Academy. Russia.

Hydaiev Oleg Vladimirovich, Post-graduate Student of the chair “Safety of Technological Processes and Productions”, St. Petersburg State Agrarian University. Russia.

Keywords: energy supply; agriculture; security; efficiency; power.

The results of studies on the effect of unbalanced load on the efficacy and safety of the use of electric energy in the agricultural sector of the country and electrified objects other economic activities are given. It is noted that balanced load by phase leads to a sharp reduction in electrical losses in the network. It is taken into account that a uniform load distribution phases reduces losses in the network 6 times compared with the single-phase load, and 2.25 times compared with the two-phase one. Uneven load adversely affects the operation of transformers, motors overheating, reducing the service life of incandescent lamps, electrical insulation. The authors proposed a solution - a device for symmetrical load distribution on the phases of the three phase network, that allows to solve some aspects of the problem under discussion.

УДК 621.314

ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ВЛАЖНОСТИ СИЛИКАГЕЛЯ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 КВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

ТРУШКИН Владимир Александрович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ШЛЮПИКОВ Сергей Владимирович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КИФАРАК Сергей Александрович, ПАО «МРСК Волги», Центральное производственное отделение филиала «Саратовские РС»

РОССОШАНСКИЙ Артур Русланович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

В статье приведена типовая схема электроснабжения сельских потребителей, а также представлены статистические данные о парке трансформаторов потребительских подстанций. Отмечено, что одной из основных причин выхода из строя трансформаторов, эксплуатируемых в сельских электрических сетях, является влажность изоляции. Авторами предложено техническое решение возникшей проблемы.

Электроснабжение сельских потребителей осуществляется централизованно от энергосистем по следующей типовой схеме (рис. 1): районная подстанция средней мощностью 6300 кВ·А питает 4–5 воздушных линий напряжением 10 кВ, имеющих среднюю длину 20 км; к каждой линии 10 кВ подключено от 10 до 20 потребительских подстанций напряжением 10/0,4 кВ (средняя мощность 160 кВ·А); от кото-

рых отходят 3–4 воздушные линии 0,38 кВ средней протяженностью 0,6 км [1].

В этой системе немаловажную роль играют трансформаторы напряжением 10/0,4 кВ, несмотря на то, что они являются конечным звеном. Выход их из строя нарушает электроснабжение в основном конкретных потребителей.

Чтобы определить современное состояние парка данных трансформаторов, выполнено об-



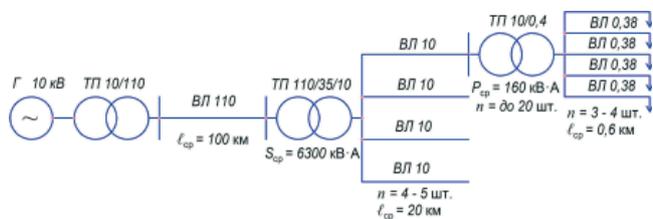


Рис. 1. Типовая схема электроснабжения сельских потребителей

следование системы электроснабжения объектов АПК в зоне Поволжья Российской Федерации. Результаты этого обследования представлены в таблице [2].

Анализ парка трансформаторов Саратовских распределительных сетей (РС) показал, что 90 % от их общего числа приходится на долю трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, эксплуатируемых в сельских электрических сетях. Такие трансформаторы «разбросаны» на большой территории неравномерно, поэтому подвергаются лишь периодическому контролю и обслуживанию. В связи с этим ежегодный отказ их составляет в среднем 10 % от числа установленных.

Основные причины отказов трансформаторов: грозовые перенапряжения – 14,7 %, внутренние перенапряжения и короткие замыкания в сетях – 17,2 %, перегрузки – 6,4 %, низкий уровень сопротивления изоляции в процессе эксплуатации – 49,7 %, влажность масла (по результатам лабораторного анализа) – 12,0 % [3]. Причинами снижения уровня сопротивления изоляции в процессе эксплуатации трансформатора являются старение и влажность. Следует отметить значение масла в этих процессах, которое, контактируя как с внешней средой, так и с бумажной изоляцией, служит защитным барьером для проникновения влаги.

Старение изоляции – естественный и необратимый процесс, на который достаточно сложно воздействовать. Увлажнение изоляции в процессе эксплуатации является тем фактором, на который можно повлиять. Рассмотрим более подробно пути попадания влаги в трансформатор.

Различают два источника увлажнения изоляции. Один из них – разложение бумаги в результате химических реакций. Однако этот процесс достаточно длительный и образуемое количество влаги незначительное.

Другой источник – прямое попадание влаги из атмосферы в результате расширения масла при больших нагрузках. Вследствие несовершенства силикагелевых осушителей воздуха из окружающей среды в трансформатор вносится атмосферная влага, с течением времени увлажняющая изоляцию.

Силикагелевые воздухоосушительные фильтры устанавливают в трубах расширителей. В нижней части фильтра размещается масляный затвор. Он работает по принципу сообщающихся сосудов, очищая проходящий через него воздух от механических примесей и устраняя прямой контакт масла в расширителе с окружающей средой. Корпус фильтра заполняется силикагелем, осаждающим на своей поверхности частицы влаги, содержащиеся в воздухе. С понижением температуры трансформатора объем масла в нем уменьшается, вследствие чего в расширителе создается разрежение и изменяется соотношение уровней масла в затворе. Когда уровень масла во внешней полости затвора падает настолько, что обнажается край затворного цилиндра, порция атмосферного воздуха проходит через затвор и далее через поглотитель влаги попадает в расширитель. При нагревании трансформатора масло начинает оказывать давление на воздушную подушку, в результате процесс в расширителе протекает в обратном направлении.

Воздухоосушающая способность силикагелевого фильтра определяется визуально по изменению цвета индикаторного силикагеля с голубого на розовый. Розовый цвет свидетельствует об увлажнении силикагеля и необходимости его замены.

Срок службы силикагеля в воздухоосушительных фильтрах зависит от объема масла в трансформаторе, уровня загрузки, погодных условий и колеблется от 1 до 2 лет. Замена масла в масляных затворах производится через 2–3 года.

Часто на практике случается ситуация, когда не удается вовремя обнаружить увлажнение силикагеля, в результате чего происходит попадание влаги в масло, которое впоследствии увлажняет твердую изоляцию. Проводить частый

Количество и мощность трансформаторов ТП 6-10-35/0,4 кВ по состоянию на 01.01.2017 г.

Наименование распределительных сетей	Количество, шт.	Мощность, тыс. кВ·А
Саратовские	9085	1324,14
Самарские	5578	1038,17
Ульяновские	5333	940,89
Мордовэнерго	3942	693,12
Оренбургэнерго	10004	1770,64
Пензаэнерго	6633	956,48
Чувашэнерго	4781	843,82
ВСЕГО	45356	7567,26



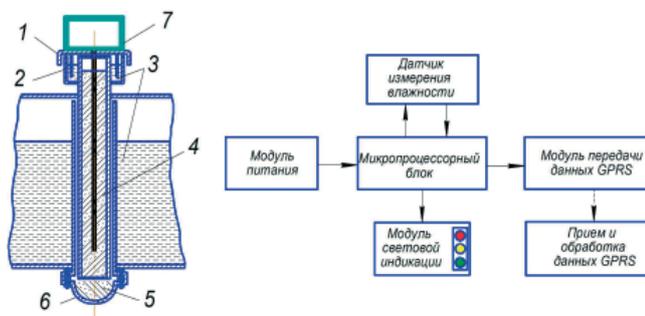


Рис. 2. Устройство дистанционного контроля влажности силикагеля маслонаполненных трансформаторов: а – размещение датчика влажности на расширительном баке; б – блок-схема работы устройства; 1 – крышка; 2 – затвор; 3 – трансформаторное масло; 4 – гранулированный силикагель; 5 – индикаторный силикагель; 6 – прозрачный колпак; 7 – датчик влажности

контроль силикагеля затруднительно из-за большого количества трансформаторов и разбросанности их на значительной территории.

Для решения данной проблемы нами предложен способ дистанционного контроля влажности силикагеля (рис. 2). Устройство работает следующим образом: микропроцессорный блок периодически измеряет влажность силикагеля с помощью датчика 7 влажности, обрабатывает сигнал и выводит его в модуль световой индикации, расположенный в месте, удобном для обслуживающего персонала, например, на наружной двери низковольтного шкафа. В этом случае результат отображается в виде цветовой индикации по типу «светофор»: зеленый цвет означает, что влажность силикагеля составляет 40 %, желтый цвет – от 41 до 80 %, красный цвет – более 81 %.

При необходимости устройство контроля влажности силикагеля может комплектоваться модулем связи GPRS. В этом случае появляется возможность контролировать данный трансформатор дистанционно. Так, на компьютер оператора с заданной периодичностью будет поступать информация об увеличении влажности силикагеля. По такому же принципу можно дистанционно

контролировать и другие параметры трансформатора, например, среднюю температуру масла, уровень загрузки, величину потребления электроэнергии и др. Такое решение позволит сократить затраты на обслуживание трансформаторов и снизить их аварийность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерошенко Г.П., Пястолов А.А. Эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие для вузов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
2. Производственный потенциал. – Режим доступа: http://www.mrsk-volgi.ru/ru/osnovnie_pokazateli_deyatelnosti/proizvodstvennie_pokazateli/proizvodstvenniy_potentsial/
3. Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Кифарак С.А. Необходимость повышения эксплуатационной надежности трансформаторных подстанций // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. В.А. Трушкина. – Саратов, 2015. – С. 295–297.
4. Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве / А.П. Коломиец [и др.]. – М., 2003. – 368 с.

Трушкин Владимир Александрович, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Шлюпиков Сергей Владимирович, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.
Тел.: (8452) 73-57-63.

Кифарак Сергей Александрович, ПАО «МРСК Волги», Центральное производственное отделение филиала «Саратовские РС». Россия.

410009, г. Саратов, Красноармейский 2-й тупик, 1а.
Тел.: (8452) 63-32-14.

Россошанский Артур Русланович, бакалавр специальности «Агроинженерия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.
Тел.: (8452) 73-57-63.

Ключевые слова: силикагель; причины отказов трансформаторов, маслонаполненный трансформатор; влажность изоляции; дистанционный контроль влажности.

REMOTE CONTROL OF SILICAGEL MOISTURE SILICAGEL MOISTURE MULTI-FULL TRANSFORMERS VOLTAGE 10/0,4 kV, OPERATING IN RURAL ELECTRIC NETWORKS

Trushkin Vladimir Alexandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the chair “Engineering Physics, Electrical Equipment and Electrotechnology”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Shlyupikov Sergey Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Teacher of the chair “Engineering Physics, Electrical Equipment and Electrotechnology”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Kifarak Sergey Aleksandrovich, PAO “MRSC of Volga”, Central Production Department of the branch «Saratov RS». Russia.

Rosshansky Arthur Ruslanovich, Bachelor of the Specialty “Agroengineering”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: silica gel; causes of transformer failures; oil-filled transformer; humidity of insulation; remote humidity control.

The article shows a typical scheme of electricity supply for rural consumers, as well as statistical data on the park of transformers of consumer substations. It is noted that one of the main reasons for the failure of transformers operated in rural electrical networks is the humidity of insulation. We proposed a technical solution to the problem.

