

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Бережной К.А. – студент, Суханкин Г.В. – к.т.н., Воробьев Н.П. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Надежность функционирования электрооборудования в значительной степени зависит от его технического состояния. В процессе эксплуатации в результате воздействия различных факторов, режимов и условий работы исходное техническое состояние электрооборудования непрерывно ухудшается, возрастает вероятность возникновения отказов. Кроме того, как показывает анализ старения основного и вспомогательного электрооборудования электроэнергетических систем (ЭЭС) России и стран ближнего и дальнего зарубежья, существует устойчивая тенденция к увеличению доли изношенного электрооборудования, имеющего срок службы близкий или превышающий предельный. Например, в России и других странах СНГ по состоянию на конец 2005 года износ основных фондов электроэнергетики составлял около 50 % [1-3].

Значительный износ электрооборудования приводит к дополнительным потерям энергии, снижению надежности функционирования, возрастанию его аварийности и отказов. Надежность электрооборудования во многом определяется не только уровнем качества изготовления, но и зависит от научно обоснованной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта [2]. В большинстве развитых стран реализуются программы обследования электрооборудования для комплексной оценки его состояния и определения возможностей продления его срока службы.

Исследования показывают [1], что продление срока службы электрооборудования на 20 лет и более может дать большую выгоду, чем замена электрооборудования на новое. В настоящее время в электроэнергетике СНГ для технической эксплуатации и поддержания технического состояния применяют систему планово-предупредительного ремонта, которая не всегда оправдана, так как часто приводит к необходимости отключать работоспособное оборудование, что в свою очередь вызывает возрастание материальных и трудовых затрат, ухудшение технико-экономических показателей энергообъектов [1-3].

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция роста повреждаемости асинхронных электродвигателей (АД) (ежегодно повреждается около 20...25 % от общего количества установленных АД с короткозамкнутым ротором).

АД с короткозамкнутым ротором обычно рассчитаны на срок службы 15–20 лет без капитального ремонта при условии их правильной эксплуатации. Однако в реальной жизни имеет место значительное отступление от номинальных режимов эксплуатации. Это в первую очередь связано с плохим качеством питающего напряжения и нарушением правил технической эксплуатации: технологические перегрузки, условия окружающей среды (повышенная влажность, температура), снижение сопротивления изоляции, нарушение охлаждения. Последствием таких отклонений являются аварийные режимы работы АД. В результате аварий ежегодно выходят из строя до 10% применяемых электродвигателей. Например, 60% скважных электронасосных агрегатов выходят из строя чаще одного раза в году. Выход из строя АД приводит к тяжелым авариям и большому материальному ущербу, связанному с простоем технологического оборудования, устранением последствий аварий и ремонтом вышедшего из строя электродвигателя [4].

Наиболее эффективной системой технического обслуживания и ремонта АД в настоящее время является система, при которой методы организации ремонтов базируются на индивидуальном наблюдении изменения технического состояния в процессе эксплуатации путем контроля и диагностики, проводимых с глубиной и периодичностью, установленной технической документацией.

В настоящее время используется и разрабатывается много информационных систем, методов и средств контроля и диагностики технического состояния асинхронных электродвигателей. Среди известных способов диагностики состояния изоляции

асинхронного электродвигателя можно отметить способ определения сопротивления изоляции [5]. Основным недостатком его является отсутствие возможности прогнозирования остаточного срока службы АД на разных этапах эксплуатации в различных условиях температуры, влажности и вибрации, так как при реализации способа невозможно достоверно установить степень старения изоляции, а, следовательно, электрическую и механическую прочность и оставшийся ресурс работы, что обусловлено зависимостью сопротивления изоляции обмоток АД от температуры, увлажнения, характера изоляции, причем сопротивление изоляции обмоток АД может изменяться от 10 до 1000 раз.

Оценку изоляции производят тем, что заряжают конденсатор от напряжения высоковольтного трансформатора и разряжают на обмотку АД, измеряют тангенс угла диэлектрических потерь, по значению которого судят о степени старения изоляции [6]. Для описанного способа характерно отсутствие возможности прогнозирования остаточного срока службы АД на разных этапах эксплуатации в различных условиях температуры, влажности и вибрации вследствие зависимости токов в изоляции от ее увлажнения и ряда других факторов.

В способе диагностики состояния изоляции АД по работе [7] совокупность результатов приводит к плохо интерпретируемой картине дальнейшего прогноза остаточного срока службы АД. В способе испытания изоляции повышенным напряжением по работе [8] имеет место чрезмерно длительное приложение напряжения, что ведет к порче изоляции АД.

В способе определения свойств изоляции электроустановки по работе [9] также отсутствует возможность прогнозирования остаточного срока службы АД на разных этапах эксплуатации в различных условиях температуры, влажности и вибрации по определяемым свойствам изоляции.

В известном способе акустической диагностики изоляции обмоток асинхронного электродвигателя [10] не учитываются измерения тока холостого хода, коэффициента мощности, активных сопротивлений обмоток при постоянном токе, температуры обмоток статора, качество изоляции по показателю коэффициента поляризации, качество изоляции по коэффициенту абсорбции, величина сопротивления изоляции двигателя, величина воздушного зазора между статором и ротором, состояние подшипников качения, что снижает точность определения остаточного ресурса асинхронного электродвигателя.

Одним из направлений, определяющих повышение качества информационных технологий контроля и диагностики технического состояния, следует считать интеллектуализацию процессов обработки диагностической информации с использованием технологии экспертных систем, которые способны обеспечить определение остаточного ресурса асинхронного электродвигателя.

Учитывая объективно существующую неопределенность, неполноту и нечеткость информации об объекте при разработке базы знаний и механизмов вывода экспертных систем, целесообразно использовать аппарат нечеткой логики [1], позволяющий объективно оценить техническое состояние и более обосновано принимать решения по управлению ремонтом асинхронного электродвигателя.

Для определения остаточного ресурса асинхронного электродвигателя и для решения о дальнейшей его эксплуатации, ремонте или его замене из множество факторов, влияющих на остаточный ресурс АД, выбирается конкретный перечень факторов, которые оказывают наибольшее влияние на остаточный ресурс АД. Далее с помощью конкретных методов и приборов получают реальные значения факторов, которые оказывают наибольшее влияние на остаточный ресурс АД. После чего с помощью системы нечеткой логики и реальных значений факторов, полученных с помощью методов и приборов измерения, определяют остаточный ресурс АД и принимают решение о дальнейшей эксплуатации, ремонте или его замене.

Нами разработана упрощенная структурная схема экспертной системы для определения остаточного ресурса асинхронного электродвигателя, приведенная на рисунке 1 и реализованная в способе определения остаточного ресурса асинхронных электродвигателей.

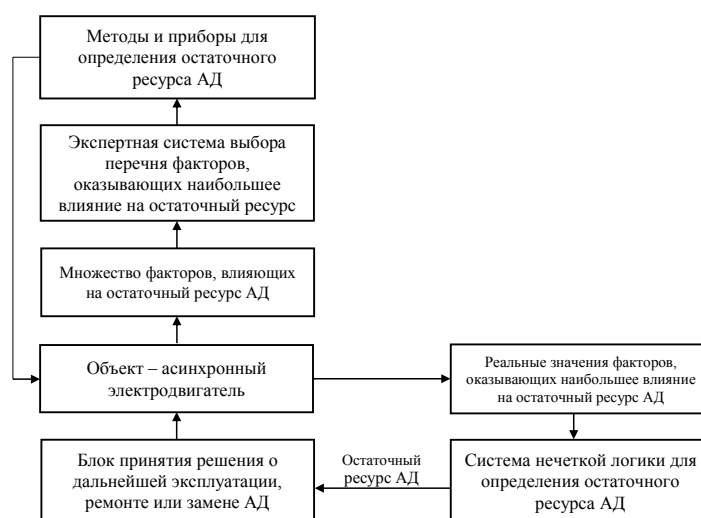


Рисунок 1 - Упрощенная структурная схема экспертной системы для определения остаточного ресурса АД

Таким образом, необходимо совершенствование существующих и разработка новых технологий и методов, которые обеспечивали бы более эффективное техническое обслуживание и ремонт асинхронных электродвигателей по техническому состоянию.

Использованные литературные источники

1. Костерев Н.В., Диагностика технического состояния асинхронных двигателей на основе интеллектуального анализа данных / Н.В. Костерев, Е.И. Бардик, Ю.М. Деркач; [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2013]. – Режим доступа: <http://www.v-itc.ru/electrotech/2007/02/pdf/2007-02-05.pdf> - Загл. с экрана
2. Назарычев А.Н. Основные принципы системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования по техническому состоянию/ Надежность либерализованных систем энергетики/ Под ред. Н.И. Воропая, А.Д. Тевяшева. – Новосибирск: Наука, – 2004. – с. 173-189.
3. Структура экспертно-диагностической и информационной системы оценки состояния высоковольтного оборудования / Давыденко И.В., Голубев В.П., Комаров В.И., Осотов В.Н.// Электрические станции. – 1997. – № 6. – с. 25-27.
4. Асинхронные машины / И.М. Коголь. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2013]. – Режим доступа: <http://model.exponenta.ru/electro/0080.htm> – Загл.с экрана.
5. Мегомметры промышленные. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2010. – Режим доступа: <http://www.chauvin-arnoux.ru/MEGOMETERS.htm>. - Загл. с экрана.
6. Системы диагностики изоляции. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2010. – Режим доступа: <http://www.pergam.ru>. - Загл. с экрана.
7. Mohammed Hanif, Principles & Applications of Insulation Testing with DC. IEP-SAC Journal 2004-2005, p.p. 57-63.
8. Зеленченко А.П. Устройства диагностики тяговых двигателей электрического подвижного состава. – М., 2002. – С. 7.
9. Пат. 2373546 Российская Федерация, МПК G 01 R 31/00. Способ определения состояния и ресурса изоляции / Зенова Е.В., Чернышов В.А., Чернов В.А.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Московский энергетический институт (технический университет (МЭИ (ТУ))); заявл. 01.02.2008; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 24. – 10 с.: ил.
10. Пат. 2436081 Российская Федерация, МПК G 01 N 29/11 (2006/01). Способ акустической диагностики изоляции обмоток асинхронного электродвигателя / Герцен Н.Т., Суханкин Г.В., Воробьев Н.П.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Алт. гос. техн. ун-

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ПРОЦЕССЕ СТАРЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Манжуло В.С. – студент, Компанеев Б.С. – к.т.н. ст. преподаватель, Нефедов С.Ф. – к.т.н. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В рамках проводимого нами исследования мы осуществляем оценку вероятности возникновения короткого замыкания на рассматриваемом объекте в процессе старения изоляции инженерных коммуникаций электроустановок. Для того чтобы провести такую оценку, нужно построить соответствующую математическую модель.

Рассмотрим сеть некоторого произвольного объекта. Для которого P_3 – вероятность возникновения короткого замыкания для сети объекта в целом.

Разобьем сеть объекта на n участков. В этом случае вероятность возникновения замыкания будет складываться из вероятностей возникновения замыкания на каждом участке и определяться по формуле:

$$P_3 = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_{3i}),$$

где n – количество участков разбиения сети;

p_{3i} – вероятность возникновения замыкания на i -м участке;

$(1 - p_{3i})$ – вероятность незамыкания (вероятность отсутствия возникновения КЗ) на отдельном дискретном участке;

$\prod_{i=1}^n (1 - p_{3i})$ – вероятность незамыкания для объекта в целом.

Если выделить участки объекта таким образом, чтобы вероятности возникновения короткого замыкания на каждом участке были равны и равны p_3 , то вероятность возникновения замыкания на объекте в целом будет определяться по формуле:

$$P_3 = 1 - (1 - p_3)^n,$$

Рассмотрим вероятность возникновения замыкания для участка сети. Она будет зависеть от большого количества факторов: состояния изоляции (сопротивления, степени увлажненности, степени старения), от условий эксплуатации сети (перегрузки, перенапряжение, повышенные токи утечки, механические воздействия), от условий окружающей среды (температура, влажность воздуха, наличие агрессивных сред) ит.д.

Влияние этих факторов отличается не только для разных объектов, но и для отдельных участков в рамках одного объекта. Кроме того, точное определение большинства перечисленных факторов на настоящий момент не представляется возможным технически. В связи с этим для сравнения показателей пожарной опасности различных объектов целесообразно перейти от точного определения вероятности замыкания к определению обобщенного показателя состояния изоляции, характеризующего вероятность отсутствия замыкания на объекте, и зависящего только от состояния изоляции.

Состояние изоляции оценивается с помощью следующих показателей: сопротивление изоляции $R_{из}$, коэффициент абсорбции $K_{абс}$ и коэффициент поляризации $K_{пол}$.

Сопротивление изоляции постоянному току является основным показателем состояния изоляции. Сопротивление изоляции определяется величиной тока прямой проводимости и должно измеряться через некоторое время после приложения напряжения, достаточное для завершения процессов поляризации. В соответствии с [1] сопротивление цепи напряжением до 500 В должно составлять: $R_{из} \geq 0,5 \text{ МОм}$.

Ток абсорбции обусловлен процессом зарядки абсорбционной емкости, образуемой в толще изоляции неоднородностями изоляционного материала, а также различными включениями, например, в виде влаги и загрязнений.

Коэффициент абсорбции рассчитывается, как отношение сопротивления изоляции, измеренного через 60 с после приложения напряжения к сопротивлению изоляции, измеренному через 15 с после приложения напряжения [2, 3]. Для неувлажненной изоляции при температуре 10-30 °С $K_{abc} = 1,3 - 2,0$. Для увлажненной изоляции он близок к единице.

Ток поляризации обусловлен процессом движения сильно замедленных диполей, связанного с изменением структуры диэлектрика. Коэффициент поляризации показывает способность заряженных частиц и диполей перемещаться под действием электрического поля, что определяет степень старения изоляции. Этот коэффициент рассчитывается, как отношение сопротивления изоляции, измеренного через 600 с после приложения напряжения к сопротивлению изоляции, измеренному через 60 с после приложения напряжения [1, 2, 4].

Если $K_{пол} < 1$, то изоляция неисправна, если $K_{пол} > 4$ - изоляция является качественной.

Так как обобщенный показатель состояния изоляции должен характеризовать вероятность отсутствия замыкания на объекте, то он должен описываться теми же выражениями, что и вероятность отсутствия КЗ на объекте:

$$\Omega_C = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \omega_{Ci}),$$

где n – количество участков разбиения сети;

Ω_C – обобщенный показатель состояния изоляции.

ω_{Ci} – индивидуальный показатель состояния изоляции на i -м участке характеризующий вероятность возникновения замыкания.

Рассмотрим участок сети, который будет характеризоваться одинаковыми параметрами качества изоляции. Разобьем этот участок на n одинаковых частей, в этом случае ω_{Ci} будут равны между собой и сопротивление изоляции каждого участка r_{uzi} также будут равны для всех участков.

Обобщенный показатель состояния изоляции в таком случае будет определяться по формуле:

$$\Omega_C = 1 - (1 - \omega_C)^n,$$

где n – число разбиений.

В результате разбиения участка на части можно представить, что общее сопротивление его изоляции (R_{uz}) будет складываться из сопротивлений изоляции его частей (r_{uz}) включенных параллельно. В этом случае сопротивление изоляции части определяется по формуле:

$$r_{uz} = n \cdot R_{uz}$$

Выражаем n :

$$n = \frac{r_{uz}}{R_{uz}}$$

Рассмотрим показатель состояния изоляции одной такой части. Вероятность возникновения замыкания части тем меньше чем сопротивление выше такой же характер имеет и показатель состояния изоляции, однако характер такой зависимости оценить сложно, но любую зависимость можно представить в виде полинома и следовательно справедливо выражение:

$$\omega_C \sim \frac{1}{(a_0 r_{uz}^m + a_1 r_{uz}^{m-1} + \dots + a_m r_{uz}^0)}$$

Коэффициент абсорбции K_{abc} и коэффициент поляризации $K_{пол}$ показывают изменение сопротивления изоляции вследствие его увлажнения и старения, т.е. характеризуют как изменяется сопротивление изоляции в результате протекания постоянного тока по сравнению с моментом начала отсчета. Соответственно чем больше изменение сопротивления изоляции, тем хуже изоляция работает при переменном напряжении и соответственно справедливо:

$$\omega_C \sim \frac{1}{\left(a_0 \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^m + a_1 \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^{m-1} + \dots + a_m \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^0 \right)}$$

Так как в модели производится анализ только трех факторов, то влияние всех прочих факторов можно представить в виде постоянной (C), соответственно:

$$\omega_C = \frac{C}{\left(a_0 \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^m + \dots + a_m \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^0 \right)}$$

Тогда обобщенный показатель состояния изоляции будет рассчитываться по формуле:

$$\Omega_C = 1 - \left(1 - \frac{C}{\left(a_0 \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^m + \dots + a_m \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^0 \right)} \right)^{\frac{r_{uz}}{R_{uz}}}$$

Вынесем r_{uz}^m :

$$\Omega_C = 1 - \left(1 - \frac{C}{r_{uz}^m \left(\frac{a_0 \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^m + \dots + a_m \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^0}{r_{uz}^m} \right)} \right)^{\frac{r_{uz}}{R_{uz}}}$$

Произведем замену $r_{uz} = x$, получим:

$$\Omega_C = 1 - \left(1 + \frac{C}{x \cdot r_{uz}^{m-1} \left(\frac{a_0 \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^m + \dots + a_m \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^0}{r_{uz}^m} \right)} \right)^{\frac{x}{R_{uz}}},$$

$$\Omega_C = 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{C}{x \cdot r_{uz}^{m-1} \left(\frac{a_0 \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^m + \dots + a_m \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^0}{r_{uz}^m} \right)} \right)^{\frac{x}{R_{uz}}}}$$

При увеличении числа разбиений до бесконечности сопротивление части r_{uz} будет стремиться к бесконечности, следовательно x также будет стремиться к бесконечности, а величина $\left(1 + \frac{1}{x} \right)^x$, при x стремящемся к бесконечности, является первым замечательным

пределом и равняется e . Предел отношения полиномов $\frac{a_0 \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^m + \dots + a_m \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^0}{r_{uz}^m}$ при r_{uz}

стремящемся к бесконечности будет определяться отношением коэффициентов старших степеней, следовательно $\frac{a_0 \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^m + \dots + a_m \left(\frac{r_{uz}}{K_{abc} \cdot K_{пол}} \right)^0}{r_{uz}^m} = \frac{a_0}{K_{abc} \cdot K_{пол}}$. Произведем замену $\frac{C}{a_0} = A$.

В этом случае получаем:

$$\Omega_C = 1 - \frac{1}{R_{из} \sqrt[e]{\frac{A \cdot K_{абс} \cdot K_{пол}}{r_{из}^{m-1}}}}$$

В связи с тем что вероятность отсутствия замыкания для объекта не должна зависеть от способа рассмотрения, т.е. от способа дискретизации объекта (насколько малыми выбираются рассматриваемые части), следовательно Ω_C не должна зависеть от $r_{из}$, а следовательно значение $r_{из}^{m-1}$ должно быть константой и значит $m=1$. Получим:

$$\Omega_C = 1 - \frac{1}{R_{из} \sqrt[e]{A \cdot K_{абс} \cdot K_{пол}}}$$

В результате получили зависимость показателя состояния изоляции, характеризующего вероятность отсутствия замыкания на объекте, от состояния изоляции, характеризуемого сопротивлением изоляции $R_{из}$, коэффициентом абсорбции $K_{абс}$ и коэффициентом поляризации $K_{пол}$ и постоянной A .

В качестве недостатка этой модели следует выделить такую особенность, что определение значения вероятности выполняется в конкретный момент времени по результатам измерений и не учитывает изменение показателя в течение длительного периода. То есть модель проводит оценку «точечно».

В этой связи для получения более объективной картины во время моделирования совместим данную методику получения точечного значения вероятности возникновения аварийной ситуации на объекте вследствие пробоя изоляции с методикой прогнозирования изменения параметров изоляции в течение длительного периода времени.

Однако механизм получения показателя будет основан не на сравнении с некоторыми пороговыми значениями параметров изоляции, а должен базироваться на вероятности возникновения замыкания в течение длительного периода времени. Например, в течение года.

Такой подход позволяет нам перейти от времени возможной эксплуатации изоляции, к оценке возникающего ущерба при аварийной ситуации и сопоставлении данного ущерба с затратами на реконструкцию наиболее аварийно опасных участков сети на объекте, а также позволяет экономически обоснованно определять момент ее проведения.

Литература

1. ГОСТ Р 50571.16-99(МЭК60364-6-61-86). Электроустановки зданий. Часть 6. Испытания. Глава 61. Приемо-складочные испытания.
2. Мотуско Ф.Я. Защитные устройства в электроустановках/Ф.Я. Мотуско.- М.: Энергия, 1973 – 200 с.
3. Забарский, Б.М. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики/ С.Е. Васильев, Б.М. Забарский, Е.И. Забокрицкий, Б.А. Холодовский.- Киев: Наукова-думка, 1972. – 624 с.
4. Измерение параметров изоляции [Электронный ресурс]. - Электрон. текст. дан. – Режим доступа: http://www.sonel.ru/ru/biblio/measurement/measurement_mic/ Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА МНОГОЧАСТОТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ

Мигалёв И.Е. – инженер, Титов Е.В. – инженер,
Захаров А.К. – студент, Ершов А.Н. – студент

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Интенсивное использование электромагнитной и электрической энергии в современном обществе привело к тому, что в последней трети XX века сформировался новый значимый фактор загрязнения окружающей среды – электромагнитный. В настоящее время признано, что электромагнитное поле искусственного (техногенного) происхождения является значимым экологическим фактором.

Проблемы электромагнитной безопасности в зданиях становятся особенно актуальными ввиду опасности электромагнитного излучения компьютеров. В связи с увеличением числа источников электромагнитного поля опасность их воздействия на здоровье человека возрастает. Обеспечение электромагнитной безопасности людей является актуальной гигиенической проблемой в условиях современной обширной информатизации всех сфер жизни общества.

В связи с вышеизложенным представляется важным оценка и нормирование уровней электромагнитных излучений во всех местах нахождения людей. В первую очередь оценке подлежит электромагнитная обстановка в местах массового скопления людей, а также их продолжительного нахождения. К таким местам можно отнести рабочие места, социальные учреждения.

В работе рассматриваются особенности функционирования современных измерительных средств, предназначенных для анализа электромагнитной обстановки. Предлагается концепция интегрированного измерительного прибора, который бы позволил проводить более качественный и полный контроль электромагнитной обстановки.

Такой прибор должен служить центральным узлом в системе обработки данных, полученных с различного рода датчиков. В первую очередь рассматривается возможность использования в качестве датчиков других зарекомендовавших себя приборов. В частности, опытный образец взаимодействует с прибором ПЗ-41 [1].

Устройство должно отвечать следующим требованиям:

1. Обладать возможностью интеграции с приборами и датчиками, обеспечивающими контроль электромагнитной обстановки в соответствии с действующими нормативными документами [2].
2. Обладать совместимым с ПЭВМ интерфейсом вывода данных (предпочтительно – посредством COM или USB-соединения).
3. Иметь совместимое клиентское программное обеспечение.

Устройство представляет собой коммутатор, способный в автоматическом режиме управлять настройками подключенных датчиков и приборов, а также проводить унификацию полученных данных и их передачу в ПЭВМ для дальнейшей обработки.

В результате работы получена подробная спецификация на разработку описанного измерительного средства, а также опытный образец прибора.

Использованные литературные источники

1. Измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-41 // Группа компаний [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – [2010]. – Режим доступа : <http://www.piton.nnov.ru/p3-41.php>, свободный. – Загл. с экрана.
2. СанПиН 2.2.4.1191-03. Гигиенические требования к уровню электромагнитных излучений [Текст].

СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КАРТИНЫ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Мигалёв И.Е. – инженер, Титов Е.В. – инженер

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Опасность, создаваемая электромагнитным излучением в местах пребывания людей, возрастает вместе с количеством его источников, которое наблюдается с каждым годом. Поэтому возникает необходимость измерения и нормирования уровня электромагнитного излучения в рабочей зоне. Чтобы упростить анализ, результаты измерений должны быть представлены в наглядной форме, позволяющей определять опасные зоны помещений и обоснованно выбирать мероприятия по улучшению электромагнитной обстановки. Отсюда следует необходимость правильного представления картины опасности электромагнитного поля.

Результаты измерений не позволяют получить полное представление об электромагнитной обстановке в помещении – без их дополнительной обработки они позволяют определить лишь данные для некоторых точек помещения в конкретные моменты времени для узких диапазонов частот. Чтобы получить цельную картину, непрерывную в пространстве и времени, можно воспользоваться современными методиками численного анализа результатов измерений, например, с помощью специализированного программного обеспечения COMSOL Multiphysics [1].

Простая картина электромагнитной обстановки получается путём проецирования полученного модельного пространства на двухмерную плоскость в соответствии с выражением

$$f'(x, y) = \max_z f(x, y, z), \quad (1)$$

где $f'(x, y)$ – функция, значения которой формируют изображение (функция допустимого времени пребывания человека);

$f(x, y, z)$ – исходная отображаемая функция (в данном случае – функция потенциала электрического поля);

запись $\max_z f(x, y, z)$ обозначает максимальное значение функции f , выбранное среди всех значений вдоль оси z для каждой точки с координатами (x, y) .

В работе предлагаются альтернативные методы и подходы к формированию картины опасности электромагнитной обстановки. В частности, рассматривается вариант использования проецирования в соответствии с выражением

$$f'(x, y) = \max_{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 < R; z < H} f(x, y, z), \quad (2)$$

где $f'(x, y)$ – функция, значения которой формируют изображение;

$f(x, y, z)$ – исходная отображаемая функция;

R – радиус нормировочного цилиндра;

H – высота нормировочного цилиндра.

Параметры нормировочного цилиндра подбираются опытным путём и зависят от специфики работы людей в помещении.

Предложенные в работе меры позволят более эффективно проводить мероприятия по контролю и оптимизации электромагнитной обстановки.

Использованные литературные источники

1. Егоров, В. И. – Применение ЭВМ для решения задач (Comsol Multiphysics) [Текст]: учебное пособие / В. И. Егоров; СПб.: ИТМО, 2006.

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Попов Л.С. – студент, Гончаренко Г.А. – аспирант, Воробьев Н.П. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Надежность функционирования электропроводки в значительной степени зависит от ее технического состояния. В процессе эксплуатации в результате воздействия различных факторов, режимов и условий работы исходное техническое состояние электропроводки непрерывно ухудшается, возрастает вероятность возникновения замыканий и пожаров.

Одним из объяснений пожарной опасности может быть специфика окружающей среды, в которой на электропроводку, помимо электрической нагрузки, действуют химически активные элементы, повышенная влажность, циклические колебания температуры, приводящие к более интенсивному старению изоляции.

Основной причиной пожаров в электропроводах (44% от общего числа) являются короткие замыкания (КЗ) и токи утечки в местах повреждения изоляции. [1]

Надежность электрооборудования во многом определяется не только уровнем качества изготовления, но и зависит от научно обоснованной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. [2]

В настоящее время используется и разрабатывается много методов и средств контроля и диагностики технического состояния электрооборудования. Вместе с тем необходимо совершенствование существующих и разработка новых технологий для более эффективного технического обслуживания и ремонта электропроводки по техническому состоянию.

Одним из направлений совершенствования контроля и диагностики технического состояния следует считать интеллектуализацию процессов обработки диагностической информации с использованием технологии экспертных систем.

Нами разработана упрощенная структурная схема экспертной системы для определения остаточного ресурса ЭП на основе нечеткой логики (рисунок 1).

Учитывая объективно существующую неопределенность, неполноту и нечеткость информации об объекте при разработке базы знаний и механизмов вывода экспертных систем, целесообразно использовать аппарат нечеткой логики. [2]

Нами разработана система нечеткого логического вывода на основе пакета Fuzzy Logic Toolbox. [3]

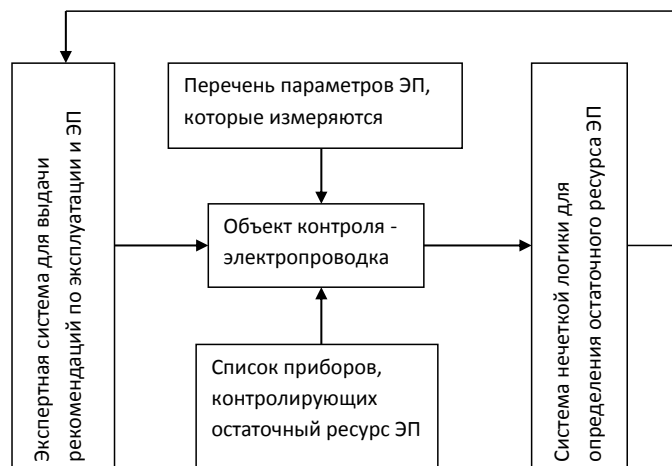


Рисунок 1 – Упрощенная структурная схема экспертной системы для определения остаточного ресурса электропроводки (ЭП) на основе нечеткой логики

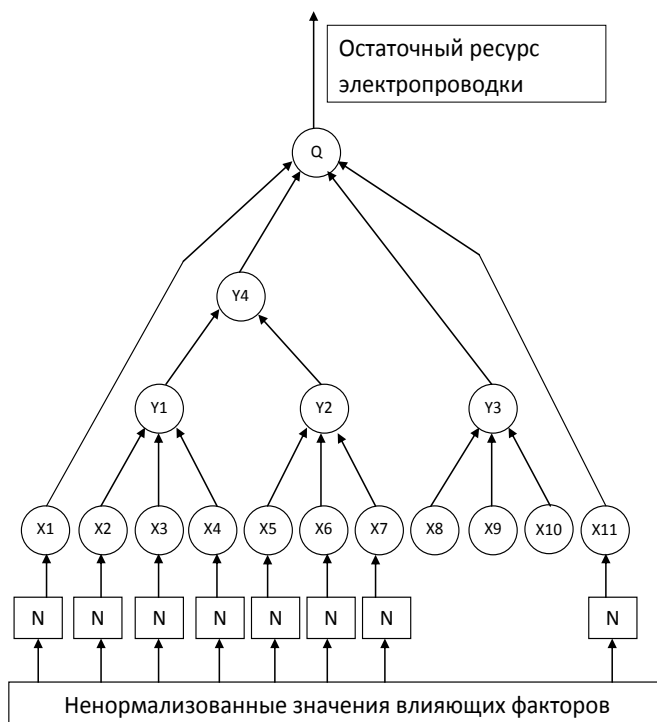
На рисунке 2 представлена разработанная двухуровневая иерархическая структурная схема нечеткого логического вывода о техническом состоянии электропроводки. Оценка технического состояния электропроводки проводится с использованием результатов измерения сопротивления заземляющих устройств, целостности цепей, сопротивления

изоляции цепей "фаза-ноль" и "фаза-фаза", сопротивления цепи "фаза - защитный проводник РЕ", сопротивления соединений заземлителей с заземляемыми элементами и устройствами выравнивания потенциалов, проверки параметров УЗО, вычисления ожидаемого тока короткого замыкания (при автоматическом распознании и выборе фазного или междуфазного напряжения).

Описание влияющих факторов к рисунку 2 представлено в таблице 1.

Связь между входными переменными X_i и выходными переменными Y_i описывается системой соотношений:

$$\begin{aligned} Y_1 &= F(X_2, \dots, X_4), \\ Y_2 &= F(X_5, \dots, X_7), \\ Y_3 &= F(X_8, \dots, X_{10}), \\ Y_4 &= F(Y_1, \dots, Y_2), \\ Q &= F(X_1, Y_4, Y_3, X_{11}); Q \in [0,100] \end{aligned} \tag{1}$$



N – нормализатор; $X1 - X11$ – входные диагностические факторы; $Y1, Y2, Y3$ – промежуточные логические свертки; Q – корень дерева

Рисунок 2 – Иерархическая структурная схема нечеткого логического вывода для определения остаточного ресурса электропроводки

Соотношение (1) соответствует базе знаний (обозначим их буквами X_1, \dots, X_m, Q), состоящей из логических высказываний о взаимодействии входных и выходных переменных [3]:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left[\bigcup_{i=1}^n (X_i = a_i^{jp}) \right] \rightarrow Y = d_j, \quad j = \overline{1, m} \tag{2}$$

где a_i^{jp} - нечеткий терм, которым оценивается переменная X_i в строчке с номером jp ($p = \overline{1, k_j}$);

k_j - количество строчек-конъюнкций, в которых выход Y оценивается нечетким термом $d_j, j = \overline{1, m}$;

m - количество термов, используемых для лингвистической оценки выходного параметра Y .

Таблица 1 – Описание влияющих факторов к рисунку 2

Обозначение фактора	Описание фактора
N	Нормализатор
X1	Вычисление ожидаемого тока короткого замыкания (при автоматическом распознании и выборе фазного или междуфазного напряжения)
X2	Измерение целостности цепей, используя испытательный ток 7 или 200 мА
X3	Измерение сопротивления изоляции цепей "фаза-ноль" и "фаза-фаза"
X4	Измерение сопротивления цепи "фаза - защитный проводник РЕ"
X5	Коэффициент значимости суммарного сопротивления контактов в общем суммарном сопротивлении линии
X6	Измерение сопротивления соединений заземлителей с заземляемыми элементами и устройствами выравнивания потенциалов
X7	Измерение сопротивления контактных соединений
X8	Проверка параметров УЗО
X9	Качество изоляции по показателю коэффициента поляризации
X10	Качество изоляции по коэффициенту абсорбции
X11	Интегральное функциональное состояние ЭП (определяется по методике, приведенной в [4])
Y1, Y2, Y3	Промежуточные корни дерева
Q	Корень дерева – остаточный ресурс электропроводки

Уравнению (2) соответствуют нечеткие логические уравнения, связывающие функции принадлежности нечетких термов входных и выходных переменных: [3]

$$\mu^{d_j}(X^*) = \max_{p=1, k_j} \min_{i=1, n} [\mu^{j_p}(x_i^*)], \quad j = \overline{1, m} \quad (3)$$

Предложенная схема организации базы знаний, отображающая иерархическую взаимосвязь между входными переменными и выходной переменной, позволяет по результатам каждого вида испытаний и измерений электропроводки с использованием определенного набора параметров состояния X_i и соответствующей базы знаний X_j ($j=1..m$) оценить техническое состояние объекта и определить его остаточный ресурс в годах. Интегральная оценка остаточного ресурса осуществляется на основе объединения частных выводов о техническом состоянии и выполняется с использованием базы знаний X , в которой все правила сформулированы на основе экспертных знаний.

Список использованных источников

1. Обеспечение пожарной безопасности электропроводки. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2013]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php> - Загл. с экрана.
2. Костерев Н.В., Диагностика технического состояния асинхронных двигателей на основе интеллектуального анализа данных / Н.В. Костерев, Е.И. Бардик, Ю.М. Деркач; [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2013]. – Режим доступа: <http://www.v-itc.ru/electrotech/2007/02/pdf/2007-02-05.pdf> - Загл. с экрана
3. Штовба С.Д., Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2013]. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/konf/2003/sb-2003/sec-2/15.pdf> - Загл. с экрана.
4. Черкасова Н.И. Способ диагностики электропроводок зданий / Н.И. Черкасова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – Красноярск, 2012. – Вып. 11. - С. 171-176.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПРИ ОПТИМАЛЬНОМ ВЫБОРЕ ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

Соколов А.С. – студент, Гончаренко Г.А. – аспирант, Воробьев Н.П. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Определение интенсивности старения изоляционных конструкций и своевременное принятие мер по поддержанию свойств изоляционных материалов на установленном уровне особенно актуально для электропроводок 0,4 кВ, проложенных в зданиях и сооружениях, в связи с тем, что каждый пятый пожар в России, происходит из-за них. В стране эксплуатируется огромное количество зданий, сооруженных 20, 30, 40 и более лет назад, в которых, как правило, электропроводка не менялась никогда и о состоянии ее судить трудно, поскольку она скрыта под слоем штукатурки, в бетоне, в стенах, в полу, фундаменте, потолке и т.д. Электропроводка в зданиях и сооружениях характеризуется такими параметрами, как марка провода, сечение провода, условия в которых она эксплуатируется (влажность, температура, загрязненность окружающей среды).

При ее контроле используют измерительные приборы, характеристика которых приведена в таблице 1, где знаком «+» помечены функции, которые имеются у соответствующих приборов и найденные нами в результате аналитических исследований.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика приборов для контроля остаточного ресурса электропроводки

Функции приборов	Приборы для контроля остаточного ресурса электропроводки					
	3102H EurotestXE 2.5кВ	M I 3121 H	M IC-3	M PI- 525	M ZC- 200	Э КО- 200
Измерение целостности цепей испытательным током 7 мА		+	+	+	+	
Измерение целостности цепей испытательным током 200 мА		+	+	+	+	
Автоматическое распознавание и выбор фазного или междуфазного напряжения при вычислении ожидаемого тока короткого замыкания					+	
Проверка параметров УЗО	+			+		
Измерение полного сопротивления линии и контура	+			+		
Измерение сопротивления заземляющих устройств				+	+	
Вычисление коэффициента абсорбции (увлажненности изоляции) и коэффициента поляризации (степени старения изоляции)	+					
Измерение сопротивления цепей "фаза-нуль" и "фаза-фаза" (полное, активное и реактивное)					+	+
Измерение сопротивления контактных соединений			+	+	+	
Измерение сопротивления цепи "фаза - защитный проводник РЕ", не				+		+

приводящее к срабатыванию УЗО							
Цена, тыс. руб	58	2	1	9	1	1	1
		5,3	8,98	6,28	2,45	7	
Рейтинг прибора	17	5	6	3	8	4	4
		6	4	1	4	7	

Каждый из этих приборов в отдельности не обеспечивает получение адекватной информации о действительном состоянии электропроводки, поскольку, например прибор МРІ-525 может контролировать сопротивление изоляции, но не в состоянии контролировать коэффициенты абсорбции и поляризации. Аналогичное заключение можно сделать и по отношению к другим приборам. Кроме того, упомянутые приборы выдают разнородную информацию о состоянии остаточного ресурса электропроводки, которую трудно интерпретировать и обрабатывать.

Продолжение таблицы 1

Функции приборов	Приборы для контроля остаточного ресурса электропроводки						
	MI 3100 Eurotes tEASI	M I 3123	M IC- 1000	M RU- 105	M ZC- 300	II KO- 220	M RP- 200
Измерение целостности цепей испытательным током 7 мА			+				
Измерение целостности цепей испытательным током 200 мА			+				
Автоматическое распознавание и выбор фазного или междуфазного напряжения при вычислении ожидаемого тока короткого замыкания							+
Проверка параметров УЗО	+						+
Измерение полного сопротивления линии и контура	+						
Измерение сопротивления заземляющих устройств		+		+	+		+
Вычисление коэффициента абсорбции (увлажнённости изоляции) и коэффициента поляризации (степени старения изоляции)			+				
Измерение сопротивления цепей "фаза-нуль" и "фаза-фаза" (полное, активное и реактивное)					+	+	
Измерение сопротивления контактных соединений					+	+	
Измерение сопротивления цепи "фаза - защитный проводник РЕ", не приводящее к срабатыванию УЗО						+	
Цена, тыс. руб	37, 8	3 0,3	2 7,7	5 2,24	1 9,68	2 0,3	3 4,67
Рейтинг прибора	36	3	5	1	4	4	4
		5	3	6	9	2	7

Решение упомянутой проблемы нами видится в использовании пакета Fuzzy Logic программы Matlab. В частности, нами разработана система нечеткой логики для оптимального выбора приборов, структурная схема которой приведена на рисунке 1.

Алгоритм выбора приборов заключается в первоначальном выборе прибора, имеющего наиболее высокий рейтинг (прибор MZC-200), (таблица 1). Далее анализируют следующий прибор с меньшим рейтингом и сравнивают его с уже выбранным прибором MZC-200. При выборе второго прибора учитывают те его функции, которых нет у уже выбранного прибора MZC-200. По аналогии выбирают остальные приборы, пока не будут выявлены все функции (таблица 1), которые необходимо учитывать при контроле остаточного ресурса электропроводки.

На основе посчитанных рейтингов приборов (таблица 1) с использованием пакета Fuzzy Logic программы Matlab с учетом предложенного нами алгоритма выбора приборов, выявлено шесть наиболее конкурентоспособных приборов, каковыми являются MZC-200, MIC-1000, MZC-300, MRP-200 и ЭКО-200, MI 3100 EurotestEASI. Суммарная стоимость выбранных приборов составляет 114 630 руб.

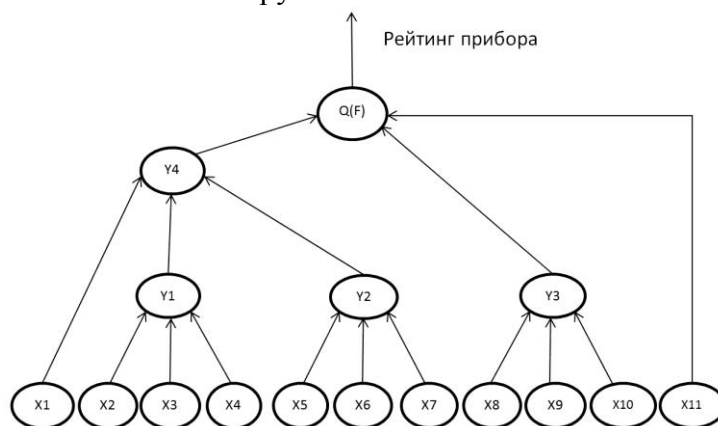


Рисунок 1 – Структурная схема нечеткой логики для оптимального выбора приборов, используемых при контроле остаточного ресурса электропроводки

В таблице 2 приведены влияющие факторы к рисунку 1.

Таблица 2 – Совокупность влияющих факторов к рисунку 1

Обозначение фактора	Описание фактора
X1	Измерение целостности цепей, используя испытательный ток 7 мА
X2	Измерение целостности цепей, используя испытательный ток 200 мА
X3	Автоматическое распознавание и выбор фазного или междуфазного напряжения при вычислении ожидаемого тока короткого замыкания
X4	Проверка параметров УЗО
X5	Измерение полного сопротивления линии и контура
X6	Измерение сопротивления заземляющих устройств
X7	Вычисление коэффициента абсорбции (увлажненности изоляции) и коэффициента поляризации (степени старения изоляции)
X8	Измерение сопротивления цепей "фаза-нуль" и "фаза-фаза" (полное, активное и реактивное)
X9	Измерение сопротивления контактных соединений
X10	Измерение сопротивления цепи "фаза - защитный проводник РЕ", не приводящее к срабатыванию УЗО
X11	Цена
Y1, Y2,	Укрупненные влияющие факторы

УЗ, У4	
Q	Корень дерева - конкурентоспособность прибора

Выводы:

- Проведенный анализ состояния научно-технических разработок в области контроля электропроводки свидетельствует о том, что этой проблеме в настоящее время уделяется большое внимание, как в России, так и за рубежом. Наибольшее внимание уделяется контролю остаточного ресурса электропроводки.

- Предложена методика для выявления оптимальных средств измерения остаточного ресурса электропроводки на основе пакета Fuzzy Logic программы Matlab.

Реализация предложенного технического решения позволит повысить достоверность получения информации об остаточном ресурсе электропроводки в зданиях и сооружениях.

АППАРАТУРНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПОСОБА ИНТЕГРИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Титов Е.В. – инженер, Мигалёв И.Е. – инженер, Копылов Д.Е. – студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Известные способы контроля электромагнитной обстановки имеют узкую область применения и реализуют измерение только отдельных составляющих электромагнитного поля. При этом отсутствует возможность получения полной картины опасности контролируемого пространства.

Для совершенствования механизма контроля электромагнитных излучений в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова разработан новый способ интегрированного контроля.

Состояние электромагнитной обстановки на контролируемом объекте оценивается пространственной картиной электромагнитной опасности, представляющей собой карту допустимого времени пребывания человека в различных зонах исследуемого пространства, получаемую в результате выявления наиболее опасных составляющих электромагнитного излучения от различных источников в диапазоне исследуемых частот и последующего компьютерного моделирования электромагнитного поля.

Практическая реализация способа интегрированного контроля электромагнитных излучений в общем случае достигается проведением измерений параметров электростатического, переменных электрического, магнитного и электромагнитного полей на частотах: 0 Гц, 50 Гц, 30 кГц, 3 МГц, 30 МГц, 50 МГц, 300 МГц и более (до 300 ГГц). При этом точность измерения должна соответствовать требованиям, установленным действующими нормативными документами.

С этой целью предложено использование следующих измерительных приборов:

- универсальный измеритель уровней электростатических полей СТ-01;
- измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50;
- измеритель электромагнитных полей РЧ-диапазона ПЗ-41.

Измеритель уровней электростатических полей СТ-01 рекомендован Госкомсанэпиднадзором РФ для использования в целях санитарного надзора по контролю напряженности электростатического поля, электростатического потенциала на рабочих местах операторов персональных электронно-вычислительных машин [1] в соответствии с Санитарными правилами и нормами, а также в других сферах производства.

Измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 предназначен для измерения напряженности электрического и магнитного полей промышленной частотой 50 Гц и применяется для контроля предельно допустимых уровней электрического и магнитного полей [2].

Основными элементами измерителя являются: устройство отсчетное (УОЗ-50) и антенны-преобразователи (АП) направленного приема. Для измерения напряженности

электрического поля предназначена антенна АП ЕЗ-50, для измерения магнитного поля – АП НЗ-50 [2].

Измеритель электромагнитного излучения ПЗ-41 [3] предназначен для обнаружения и контроля биологически опасных уровней электромагнитных излучений напряженности, плотности потока энергии и экспозиции для обеспечения выполнения требований Общего Технического Регламента об электромагнитной совместимости и безопасности, действующего в странах Европейского Союза и РФ. Прибор используется для исследования электромагнитных излучений радиочастотного диапазона [3].

Рассмотренная аппаратурная база позволяет выполнять все необходимые измерения при реализации способа интегрированного контроля электромагнитных излучений.

Для получения информации о величине электромагнитного поля на исследуемом объекте в любой точке пространства, для определения превышений предельно допустимых уровней во всех зонах помещения используется компьютерное моделирование.

Перспективным является использование для этой цели программы COMSOL Multiphysics [4], представляющей комплекс инструментальных и технологических средств для моделирования физических процессов. Программный комплекс COMSOL Multiphysics (FEMlab) разработан компанией Comsol Inc [4] и предназначен для решения различных проблем, формулируемых в терминах дифференциальных уравнений в частных производных. Программа поддерживает современные численные методы для всех типов функционального моделирования статических и динамических объектов с пространственно-распределенными параметрами.

Главная особенность COMSOL Multiphysics – простая, гибкая и удобная настройка и интерпретация вычислительных моделей, основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных. Гибкость программного комплекса заключается в том, что имеется возможность комбинировать моделирование с симуляцией динамических систем, а также с многочисленными другими аналитическими и численными методами анализа в науке и технике. Возможно создание линейных или нелинейных моделей, соответствующих либо скалярной, либо многокомпонентной краевой задаче. Пакет поддерживает также задачи на собственные значения и частоты [4].

Предлагаемое аппаратурное и программное обеспечение способа интегрированного контроля электромагнитных излучений позволяет получить пространственную картину электромагнитной опасности, благодаря которой появляется возможность обоснованно выбирать защитные мероприятия в соответствии с материальными, техническими и организационными возможностями.

Использованные литературные источники

1. Володина, Н. А. Основы электромагнитной совместимости [Текст] : учебник для вузов / Н. А. Володина, Р. Н. Карякин, Л. В. Куликова, О. К. Никольский, А. А. Сошников, А. Л. Андронов, В. С. Германенко, П. И. Семичевский; под ред. Р.Н. Карякина; Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 2007. – 480 с.

2. Измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 // Приборостроительная компания Экофера [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2012]. – Режим доступа : <http://ekosf.ru/produktsiya/neioniziruyushchie-izlucheniya/em-polu452-p3-50>, свободный. – Загл. с экрана.

3. Измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-41 // Евролаб [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – СПб., [2007]. – Режим доступа : http://www.eurolab.ru/izmeritel_p341, свободный. – Загл. с экрана.

4. Шмелев В. Е. Femlab 2.3. // Центр компетенций MathWorks [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб., [2008]. – Режим доступа : <http://matlab.exponenta.ru/femlab/book1>, свободный. – Загл. с экрана.

ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Титов Е.В. – инженер, Мигалёв И.Е. – инженер, Муштруев С.Н. – студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Глобальное использование электромагнитной энергии в настоящее время привело к формированию электромагнитного фактора загрязнения окружающей среды.

Защита организма человека от действия электромагнитных излучений (ЭМИ) предполагает снижение их интенсивности до уровней, не превышающих предельно допустимые. Защита обеспечивается выбором конкретных методов и средств с учетом их экономических показателей особенностей эксплуатации.

Выбор защитных мероприятий в соответствии с материальными, техническими и организационными возможностями возможен на основе концепции комплексных исследований электромагнитной обстановки, разработанной в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова, предусматривающей получение пространственной картины электромагнитной опасности, которая представляет собой карту допустимого времени пребывания человека в различных зонах пространства.

На рисунке 1 представлена полученная картина опасности электромагнитного излучения от СВЧ-установки по критерию допустимого времени. На этой картине показаны зоны допустимого времени пребывания людей при работе СВЧ-установки в виде изоповерхностей, окрашенных в различные цвета в зависимости от числового значения допустимого времени.

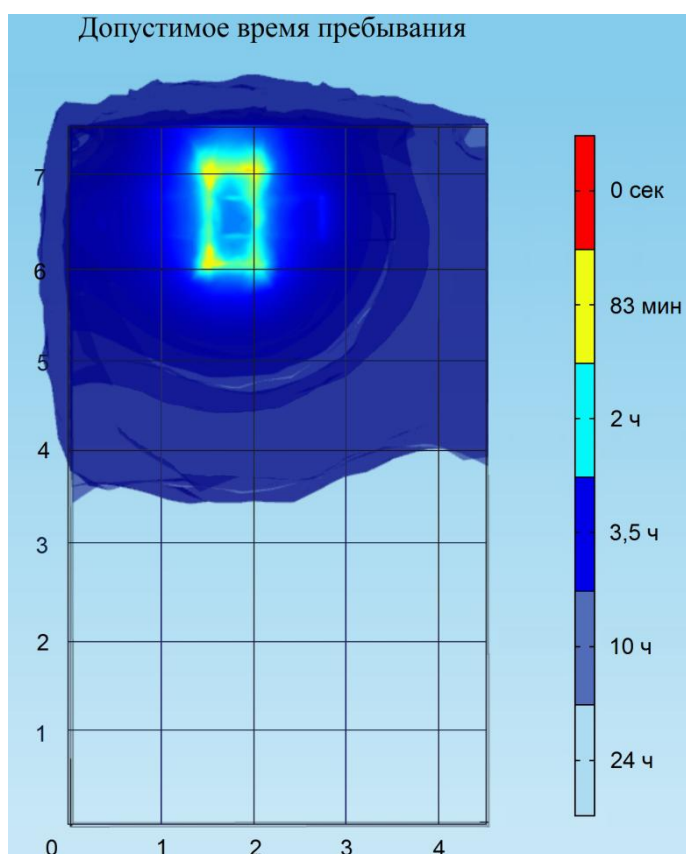


Рисунок 1 – Картина опасности электромагнитного излучения

При выборе защитных мероприятий по снижению интенсивности электромагнитных излучений в исследуемом помещении возможно использовать экранирующие строительные элементы, отражающие и поглощающие материалы и т.п.

Среди экранирующих строительных материалов согласно [1, 2] наибольшим сквозным затуханием обладают металлизированный стеклянный кирпич, строительный кирпич, бетон,

металлизированное стекло, шлакобетонная стена, древесностружечная плита и т.д. Поэтому при строительстве или реконструкции помещений рекомендуется использовать подобные материалы для снижения уровня электромагнитных излучений внутри зданий.

Защита материалами, отражающими электромагнитную волну (ЭМВ), обеспечивается различными металлами и их сплавами. Чаще всего используются железо, сталь, медь, латунь, алюминий. Металлические экраны возможно технологически выполнять в виде сплошных и перфорированных листов, сеток, решеток, трубок, тонкопленочных покрытий. Для экранирования электромагнитных полей за счет отражения ЭМВ применяются также такие материалы, как углеродные волокна, проводящие полимеры, металлизированные ткани, специальные отражающие краски и т.д. [1].

Защита поглощающими материалами обеспечивается использованием ферритов, ферромагнитных материалов и диэлектриков.

Для защиты от ЭМИ рекомендуется использовать экранирующие ткани с высокой отражательной способностью, обеспечивающие экранирование электромагнитных излучений в широком диапазоне частот с защитным эффектом свыше 99,99%. Металлические свойства электропроводящих тканей позволяют применять их также для снятия статического электричества [1].

Для рассматриваемого помещения в первую очередь может быть предложено:

- ограничение продолжительности времени пребывания рядом с установкой;
- удаление от СВЧ-установки на расстояние, обеспечивающее электромагнитную безопасность;
- применение защитного экранирования.

При необходимости могут быть использованы дополнительные мероприятия, позволяющие увеличить допустимое время пребывания возле установки.

Таким образом, пространственная картина опасности электромагнитных излучений, полученная в результате использования предложенного способа интегрированного контроля электромагнитной обстановки, позволяет обоснованно выбирать эффективные мероприятия по обеспечению безопасного пребывания на рабочих местах, улучшению и оздоровлению условий труда.

Использованные литературные источники

1. Грачев Н. Н. Защита от воздействия электромагнитных излучений // Защита от воздействия электромагнитных излучений [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – М., [2009]. – Режим доступа : http://grachev.distudy.ru/Uch_kurs/sredstva/Templ_1/templ_1_6.htm, свободный. – Загл. с экрана.

2. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных условиях [Текст].

МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Усольцев П.Е. – студент, Компанеец Б.С. – к.т.н. ст. преподаватель, Нефедов С.Ф. – к.т.н. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На сегодняшний день в Российской Федерации значительная доля инженерных коммуникаций электроустановок находится в эксплуатации в течение длительного срока без контроля состояния уровня ее безопасности. Электропроводка имеет высокую степень изношенности, так как монтируется на объекте в момент ввода его в эксплуатацию, и после этого диагностика ее состояния и ремонт не производятся вплоть до момента возникновения аварийной ситуации. Это обусловлено как недостаточным уровнем финансирования и

нехваткой квалифицированного обслуживающего персонала, так и сложностью проведения диагностики.

Своевременное проведение диагностики и выявление аварийно опасных участков позволит значительно сократить аварийные ситуации на объектах, а также избежать нецелесообразных затрат на замену еще работоспособных элементов сети.

Срок службы элементов сети складывается из срока службы токопроводящих частей: элементы, выполненные из меди, алюминия, и т.п., срок службы которых составляет от 30 до 50 лет, и элементов изоляции, срок службы которых составляет менее 20 лет. Поэтому определяющим фактором срока службы электропроводки является срок службы изоляции.

Существующие методики диагностики изоляции основаны на определении остаточного срока службы. При этом за основу берется некоторый показатель, или ряд показателей, определяющих возникновение аварийной ситуации. При достижении некоторого порогового значения соответствующего показателя делается вывод о невозможности дальнейшей эксплуатации изоляции.

Например, за критерий, характеризующий остаточный срок службы трансформатора, принимается степень поляризации изоляции. При достижении критического значения степени поляризации изоляции принимается решение о невозможности дальнейшей эксплуатации. В этом случае ресурс изоляции определяется на основании текущей степени поляризации и скорости старения:

$$\text{Ресурс (лет)} = \frac{(1/200) - (1/СП_0)}{A \cdot 24 \cdot 365} \cdot e^{\frac{13350}{\theta + 273}}$$

где, А – показатель скорости старения, обусловленного влиянием влаги, кислот и кислорода [1].

В статье [2] описан подход к определению остаточного ресурса внутренних электрических проводок помещений, основанный на прогнозировании изменения показателей изоляции в течение времени на основании результатов измерений этих показателей за предыдущий период. И на основании проведенного прогнозирования делается вывод об оставшемся времени эксплуатации изоляции при превышении порогового значения показателей (сопротивление изоляции, коэффициент абсорбции, коэффициент поляризации).

Остаточный срок службы КЛ, согласно методу отклика напряжения в изоляции кабеля, оценивается путем анализа формы разряда напряжения и степени приближения формы разряда к критическому значению [3].

Следует также принять во внимание исследования в смежных областях, где, по сути, предлагаются универсальные методы контроля остаточного ресурса изолирующих покрытий.

Так в РД 39Р-00147105-025-02 была предложена методика определения остаточного ресурса изоляционных покрытий подземных трубопроводов. Метод прогнозирования остаточного ресурса изоляционных покрытий трубопроводов основан на сравнении переходного сопротивления труба-земля $R_{п}$ с конечным значением переходного сопротивления для данного типа изоляционного покрытия.

Процесс развития пробоя изоляции бывает двух типов: тепловой и электрический.

Электрическим (прокалывающим) пробоем называют пробой изоляции в наиболее ослабленном месте. Он происходит в короткие промежутки времени, обычно связан с местным разрушением изоляции кабелей и сопровождается иногда ветвистыми обугленными побегами.

Тепловой пробой изоляции кабелей происходит в случаях, когда тепловыделение в изоляции превышает количество отводимого тепла (например, в кабелях высокого напряжения с большой толщиной изоляции). Этот вид пробоя развивается постепенно и заканчивается обычно в тех местах, где повышение температуры из-за роста диэлектрических потерь происходит особенно интенсивно. Развитию теплового пробоя может способствовать повышенная температура окружающей среды. Место теплового пробоя изоляции представляет собой радиальное отверстие с опаленной или оплавленной

поверхностью, без наличия в зоне пробоя ветвистых побегов. Обычно пробой носит комбинированный характер. Нагрев, вызванный скользящими разрядами, приводит к местному перегреву изоляции и развитию в этом месте теплового пробоя.

Одним из основных недостатков существующих методов определения остаточного срока службы изоляционных покрытий в различных областях на сегодняшний день является оценка возможного срока службы, базируемая на обобщенных показателях. При этом существует возможность выхода из строя изоляционного покрытия нового изделия при наличии в нем дефектов или при неблагоприятных внешних факторах за сравнительно небольшой промежуток времени. Это вызвано особенностями протекания процесса развития самого дефекта, что не учитывается при моделировании, основанном на пороговых значениях показателей для всего изделия.

В этой связи целесообразно перейти к вероятностным показателям, определяющим возможность выхода из строя изоляционного покрытия за некоторый период времени T .

Литература

1. Силовые трансформаторы. Справочная книга / Под. ред. С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. М.: Энергоиздат, 2004 – 616 с.
2. Упит А.Р. Определение остаточного ресурса внутренних электрических проводок в жилых, общественно-коммунальных и производственных помещениях 220/380 В городов и сельских населенных пунктов / А.Р. Упит, Н.М.Гесенко, Е.О. Мартко // Ползуновский вестник. - 2011.- № 2\2.- С. 123 – 127.
3. Канискин В.А. Определение остаточного ресурса силовых кабелей неразрушающая диагностика / В.А. Канискин, Таджибаев А.И. // Новости Электротехники. - 2003.- № 2(20).