

УДК 621.317

П.А. МЕЗЕНЦЕВ, студент группы ЭПм-221 (КузГТУ)
О.В. ПОПОВА, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ТОКОПРОВОДЯЩЕЙ ШИНЫ НА КАРТИНУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

В последние годы энергетические системы сталкиваются с требованием эффективного и безопасного распределения электроэнергии. Одним из ключевых аспектов такого распределения является электромагнитное поле, которое создается при плавном прохождении переменного тока через проводники или шины.

Токопроводящая шина – это удобная альтернатива проводам для передачи электроэнергии. Они используются в различных областях промышленности, таких как энергетика, автомобильная промышленность, строительство и прочие. Однако, форма токопроводящей шины имеет важное значение для качества распределения электромагнитного поля.

Цель этого исследования - изучить влияние формы токопроводящей шины на картину распределения электромагнитного поля при переменном токе. Для этих целей был проведен ряд экспериментов.

Электротехнические шины используют в высоковольтных и низковольтных энергоустановках различных видов и областей назначения. Без этих устройств невозможно представить сборку и установку электрической цепи на предприятии. Шины выполняют роль проводников тока, соединяя элементы установки без потерь энергии. Благодаря им удается оптимизировать работу цепи, уменьшить затраты материалов и сделать монтаж оборудования гораздо проще. Также электроустановка при использовании шин становится меньше по габаритам [3, с. 177].

Как правило, токопроводящие шины представляют собой вытянутые металлические пластины разной формы. В зависимости от области использования различают несколько видов этих приспособлений.

При помощи токопроводящих шин соединяют выключатели, контакторы, генераторы, разъединители, трансформаторы, компенсаторы и другие части промышленного электрического оборудования. От сечения таких соединительных частей зависит нагрузка, которую они выдерживают.

Существуют жесткие шины без изоляции. Это обычные прямоугольные пластины из меди или алюминия, которые устанавливают на крупных узлах. В числе мест установки жестких неизолированных шин

входы распределительных устройств, соединения трансформатора с ГРУ или с КРУ и РУ. Также подобные соединения встречаются в закрытых РУ на количество энергии в 6–10 киловатт. Местом применения жестких шин без изоляции являются и трансформаторы, расположенные в шкафах. Помимо прямоугольного сечения таких соединений, существует и коробчатое. Оно рекомендуется для сетей с высокими нагрузками: благодаря коробчатому сечению обеспечивается лучшее охлаждение системы и меньшие потери энергии. Жесткие шины закрепляют в системе при помощи опорных изоляторов.

Ко второму стандарту соединений элементов электрического оборудования относят гибкие изолированные шины. Они представляют собой несколько тонких прямоугольных длинных пластин, помещенных друг на друга. Вместе их соединяет плотная изоляция из ПВХ или подобного материала.

Гибкие шины легко установить, они не ржавеют со временем, наконец, их, в отличие от жестких аналогов, можно расположить ближе друг к другу – за счет этого экономится место. Устанавливают соединения при помощи контактных шайб и болтов, для чего предварительно пробивают отверстия. Закручивать нужно ключом с ограничителем. Кабельные наконечники не требуются. Гибкие шины используют во всех видах электрического оборудования, вне зависимости от нагрузки сети. Например, это может быть связка ОРУ с блочным трансформатором или РУ на 35 киловатт.

Среди гибких токопроводящих шин особое место занимают плетеные. Они обладают наиболее высокой проводимостью и выделяют очень мало тепла. Такие соединения сплетают из полосок меди. В ряде случаев их производят под давлением при помощи диффузионной сварки. Через тонкие медные фрагменты пропускают электрический ток, в результате чего они привариваются друг к другу. Чтобы монтировать такие соединения, возможно придется сверлить установочные площадки, но так бывает не всегда. Плетеные шины соединяют шинные линии с любым оборудованием. Еще одним их достоинством является устойчивость к вибрациям. Поэтому плетеные шины применяют в сейсмоопасных зонах, а также в автовыключателях, токопроводах сварочных аппаратов или печах сопротивления [2, с. 256].

Современные производители изготавливают большой выбор аксессуаров для шин. Это зажимы, биметаллические пластины, шинодержатели и изоляторы разных видов. Все это делает монтаж соединений разных видов достаточно простым делом.

Для изолированных соединений в качестве изоляционного материала используют ПВХ. Его наносят методом экструзии. Благодаря этому слой

материала равномерно распределяется по поверхности, остается очень гибким и в то же время устойчивым к механическим нагрузкам. Медные шины могут выполнять свои функции в температурном диапазоне от -45 до 105 °С и при напряжении в сети в 1500 Вольт.

Алюминиевые шины производят из сплавов или чистого металла. В обоих случаях нередко применяют алюминий с маркировкой А5, но чаще АД0. Если говорить о прессованных соединениях, то к АД0 добавляется марка АД31, которая имеет небольшую прочность. Однако для поставленных целей такой металл тоже подходит. Производят изделия методом холодного и горячего проката. Если при осмотре поверхность окажется шероховатой, ничего страшного. Это допустимо нормативами.

Алюминиевые токопроводящие шины устойчивы к образованию коррозии, имеют хорошую проводимость, малый вес и, что немаловажно, доступные цены. Кроме того, такие изделия малотоксичны. Это позволяет обеспечить безопасность людей на производстве.

Таким образом, при покупке электротехнических шин необходимо учитывать характеристики оборудования, напряжение и сопротивление в сети. Также нужно тщательно выбирать поставщиков и следить за тем, чтобы продукция соответствовала всем принятым стандартам. Так шины прослужат максимально долго и облегчат обслуживание электрооборудования, а также помогут стабилизировать его работу.

При переменном токе токопроводящая шина должна быть спроектирована таким образом, чтобы минимизировать потери энергии и уменьшить эффекты электромагнитной интерференции. Чаще всего используется форма прямоугольной шины, так как она позволяет равномерно распределить ток по всей ширине шины. Это позволяет снизить потери энергии и уменьшить возникновение нежелательных эффектов, таких как нагрев [1, с. 261].

Одной из важных характеристик формы токопроводящей шины является ее поперечное сечение. Чем больше площадь поперечного сечения, тем меньше сопротивление шины и меньше потери энергии в результате нагрева. Однако, с увеличением площади поперечного сечения также возрастает размер и вес шины, что может быть не всегда удобным или практичным.

Электромагнитное поле, возникающее при переменном токе вокруг токопроводящей шины, определяется формой и размерами шины, а также параметрами окружающей среды. Форма и размеры шины влияют на распределение электрического поля вокруг нее. Параметры окружающей среды, такие как диэлектрическая проницаемость и проводимость, также влияют на формирование электромагнитного поля. Полнота компенсации поля вокруг шины зависит от того, насколько равномерно распределен ток

по ее поперечному сечению, а также на физических параметрах окружающей среды.

Оптимальная форма токопроводящей шины и организация электромагнитного поля при переменном токе зависит от конкретных условий применения и требований к электромагнитной совместимости. Необходимо учитывать множество факторов, включая эффективность передачи энергии, потери энергии, электромагнитную совместимость, требования к размеру и весу шины, а также физические параметры окружающей среды [5].

В экспериментах использовались различные формы шин, такие как круглая, квадратная и прямоугольная. Проводники в виде шин были размещены в фиксированной точке на определенной высоте от поверхности земли. После этого через шины был подан переменный ток заданной частоты и амплитуды.

С помощью специального оборудования было выполнено измерение электромагнитного поля вокруг шин. Расстояние от шины до точек измерения было варьируемым параметром, чтобы оценить изменение поля с возрастающей дистанцией.

Результаты исследования показали, что форма токопроводящей шины оказывает существенное влияние на картину распределения электромагнитного поля. Круглая форма шины демонстрирует более равномерное распределение поля вокруг шины, в то время как квадратная и прямоугольная формы создают усиленные зоны поля в углах и на ребрах шины.

Эти результаты имеют практическое значение для проектирования электрических систем, особенно в контексте здоровья и безопасности. Они позволяют выбрать наиболее эффективную форму токопроводящей шины, которая обеспечивает минимальное воздействие на окружающую среду и уровень электромагнитного излучения.

В заключение, исследование подтвердило, что форма токопроводящей шины имеет значительное влияние на картину распределения электромагнитного поля. Эти результаты могут быть использованы при разработке и проектировании энергетических систем для обеспечения наиболее эффективного и безопасного распределения электроэнергии.

Анализируя влияние формы токопроводящей шины на картину распределения электромагнитного поля при переменном токе, можно сделать следующие выводы:

Форма токопроводящей шины влияет на концентрацию электромагнитного поля в разных частях системы. Например, при использовании плоской шины распределение поля будет более

равномерным, поскольку все участки шины будут находиться на одном уровне. В то же время, использование шины с криволинейной формой может создавать концентрации поля в определенных участках, что может вызывать сильные электромагнитные помехи [4].

Форма токопроводящей шины также может влиять на направление электромагнитного поля. Например, при использовании шины с изгибами и перекрытиями, поле может создавать сложные линии электрической индукции, что может приводить к индуктивным и емкостным эффектам.

Окажется, важным также материал, из которого изготовлена токопроводящая шина. Разные материалы имеют различные электропроводящие характеристики, что может повлиять на распределение электромагнитного поля.

При проектировании системы токоподвода необходимо учитывать эффекты, связанные с формой шины. Это может быть особенно важно в случае работы с чувствительными электронными устройствами или системами передачи данных, которые могут быть подвержены электромагнитным помехам.

В целом, форма токопроводящей шины является важным фактором при оценке и управлении распределением электромагнитного поля при переменном токе. Хотя нет универсального правила, какая форма является оптимальной для всех ситуаций, необходимо проводить детальное исследование и соответствующий расчет, чтобы выбрать наиболее подходящую форму для конкретной системы.

Список литературы

1. Гервасьева Ю.Р., Максимов В.В. Моделирование токопроводящих шин с помощью программного комплекса comsol multiphysics // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции. Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). Казань, 2022. С. 261-264.
2. Зеленин В.А., Волочко А.Т., Янкевич С.Н. Разработка математической модели процесса точечной сварки токопроводящих шин многоэлементных литиевых аккумуляторных батарей // Материалы международной научной конференции. Минск, 2022. С. 256-261.
3. Кислицын В.О. Чувствительные элементы пассивных беспроводных датчиков на поверхностных акустических волнах для измерения тока в трехфазных цепях // Вестник Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ". 2020. Т. 9. № 2. С. 177-183.

**VIII Международная научно-практическая конференция
«ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»**

281-6

6-8 декабря 2023 г.

4. Францискини М. Структура конструкции токопроводящей шины // Патент на изобретение RU 2755625 C1, 17.09.2021. Заявка № 2020110065 от 11.09.2018.
5. Шелл М., Бастиан А., Янгбауэр Э.С. Устройство для защищенного от касания контакта с системой токопроводящих шин // Патент на изобретение RU 2699232 C1, 04.09.2019. Заявка № 2018140300 от 06.04.2017.

Информация об авторах:

Мезенцев Павел Андреевич ст. гр. ЭПм-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово,
ул. Весенняя д.28, mezencev.pavel@bk.ru

Попова Ольга Владимировна, доцент кафедры ЭГПП ИЭ, КузГТУ, 650000,
г. Кемерово, ул. Весенняя д.28, vip-ole@ya.ru