

УДК 629.12

Донской В.Г.,
ОНМАИвановский В.Г.,
ОНМУ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ТРАСС СУДОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Судовая электроэнергетическая система содержит большие количества элементов, соединенных кабелями, проводами в единую сеть. Износ этой системы существенно зависит от импульсных помех (ИП), под которыми следует понимать пики токов, напряжений, создающих существенные волновые нагрузки, которые зачастую приводят к понижению сопротивления и даже коротким замыканиям на трассах. Для уточненного расчета импульсных помех необходимо знание волновых сопротивлений (параметров) всех элементов системы соединений потребителей, которые они связывают между собой. Под импульсной помехой подразумеваются максимальные амплитуды того, их напряжение, длительность действия.

Различные трансформаторы, асинхронные электродвигатели, реакторы гашения пиковых токов, емкостные конструкции, преобразователи и прочие индуктивные сопротивления имеют, как правило, волновое сопротивление больше, соединяющих их электропроводов. Наличие только кабельного соединения увеличивает длительность фронта импульсной помехи. Только однофазные дуговые замыкания на «корпус» могут создать импульсную помеху (ИП) более 4...5 номинальных импульсных значений большой несимметричности (перекося по фазам в 2...3 раза), что может вывести электрооборудование из работы (отключение автоматами нагрузки). Максимальная импульсная по мехам в трехфазных сетях 380...420 вольт может достигнуть 1400...1500 вольт, привести к пробоям изоляции, в конечном итоге к короткому замыканию «кз».

Экспериментальные исследования на ледоколе «Красин», сухогруз «Сестрорецк», научно-исследовательском судне «Александр Каргинский», плавбазе «Ленинский путь», плавучих кранах «Бога-

тырь», «Воягарь», на буксирах «Дионисио», «Еракий» Балтийского морского пароходства подтвердили актуальность возможной магнитной совместимости кабелей и судового электрооборудования с позиций надежности и долговечности.

С позиции теории вероятностей импульсные помехи «ИП» являются случайными величинами, проявляющиеся спорадически, с различными законами распределения в зависимости от случайного варианта функционирования всех элементов судовой электроэнергетической системы (СЭЭС), т.е. от различных вариантов одновременного включения различных судовых технических средств.

Основным параметром импульсной помехи (ИП) являются амплитуда напряжения. Она зависит не столько от работы синхронных генераторов (СГ), сколько от блуждающих симультанных (одномоментных) волиовых сопротивлений СЭЭС, особенно от волновых сопротивлений кабельных соединений.

Именно в кабельных трассах наводятся (индуктируются) пики напряжений, снижающие их электрическую прочность (сопротивление) в зависимости от частоты повторения и величины импульсного напряжения.

Волновые сопротивления кабеля существенно изменяется в зависимости от его конструкции, методов покрытия (изоляции), количества жил (токопроводов), их взаимного расположения, материалов изоляции жил и оболочки кабеля. Оно также зависит от длины между генерирующим приемником и потребителем от методов соединения обмоток электромашин, даже от качества клемных соединений, близости одного оборудования к другому, магнитного поля судна и климатических условий, частоты и длительности работы под нагрузкой.

От многократного отражения импульсов напряжения между главным распределителем (ГРЩ) и распределительным щитом (РЩ) потребители могут дать перенапряжение (одномоментное) более чем в 7,5 раз по фазе.

В достаточно длинных кабелях нагрузка имеет практически активный характер, а запасная энергия в индуктивности и емкости кабеля почти одинаковы:

$$\frac{L_1 x I_{2m}}{2} = \frac{C_1 x U_{2m}}{2}, \quad (1)$$

где, x - длина линии электрокабеля (м);

- L_1 - погонная индуктивность (генри/м2);
 I_{2m} - амплитудная (максимальная) сила тока в линии (А);
 C_1 - погонная (микрофарад/м)
 U_{2m} - амплитуда (максимальная) напряжение (вольт) в линии.

Поэтому индуктивные волновые сопротивление в достаточно длинных кабелях можно определить по приближенной формуле:

$$Z = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} \quad (2)$$

Это выражение исследовано в гидродинамике, электродинамике, в радиотехнике.

Очень важно в процессе эксплуатации поддерживать выражение (2) как логично более постоянным, что увеличивает надежность и долговременность всей СЭЭС. Одним из систематических факторов, контролируемых на действующих судах является контроль активного сопротивления изоляции разными методами, в том числе переносными мегомметрами, автоматическими схемами с наложением постоянного тока на переменный. Автоматические схемы контроля реагируют и сигнализируют в ЦПУ (центральный пост управления) лишь при замыкании на «корпус», что стало стереотипным на действующих судах.

Наряду с упомянутыми схемами контроля операции могут применяться и другие в качестве аварийно-предупредительной сигнализации на пункт управления оператора в ЦПУ. К сожалению такой приём (эксперимент) еще не применялся и в литературе не изложен.

Сначала рассмотрим теоретический подход, а затем его практическую реализацию. Начнем со свойства светодиодов (анод-катод), реагирующие на минимальную разность напряжений постоянного и переменного тока. Соотношение между сопротивлением светодиода и кабеля очень мало. Если соединить оболочку кабеля со светодиодом, а анод последнего замкнуть на «корпус» через резистор, то можно в зависимости от волнового сопротивления кабеля получить соответствующий светопоток от светодиода. Резистор нужен для следующих целей.

При нормальном волновом сопротивлении кабеля с помощью резистора можно уменьшить светопоток с помощью до нуля. При падении сопротивления кабеля до минимально допустимого (тем более при коротком замыкании) волновое сопротивление его резко возрастает из-за изменения резкого изменения электромагнитных состав-

ляющих поля: напряжения и тока. Вокруг кабеля усиливается электромагнитное поле, напряженность, вызывающая эмиссию фотодиода, которую с помощью резистора, как упоминалось выше, можно регулировать (настраивать в зависимости от номинального сопротивления кабеля).

Свет фотодиода можно подать на фоторезистор (монтируется в одном блоке). Через систему усиления можно получить светозвуковой сигнал в ЦПУ СЭУ, место, где появилось аварийное сопротивление кабеля.

Предполагаемый подход целесообразен для мониторинга сопротивления электрокабелей ВРШ, рулевой машины, насосов ГД, осушитель-пожарного насоса, брашпиля, подруливающего устройства, электролиний между генераторными агрегатами и ГРЩ, рулевое устройство, лот, лаг и эхолот.

Изложенные предложения вовсе не отрицают существующие автоматизированные системы автоконтроля изоляции, которыми вахтенные механики пользуются по собственному усмотрению в спорадические интервалы времени.

Датчики контроля падения сопротивлений должны располагаться в соответствующих помещениях, например, в трюмных кабельных коробках, у переборочных стаканов, в магнитных станциях управления машинными и палубными механизмами. При этом должны быть предусмотрены контрольные люки независимо от расстояния магнитной станции управления.

Приведенные рекомендации частично использовались в стационарной электроэнергетике и особенно актуальны для пассажирских судов, газозовов, танкеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воршевский А.А. Импульсные напряжения в электрических системах. // А.А. Вишневецкий, В.Г. Паршин. – Судостроение, 1987 №9, С. 30-31.
2. Вилесов Д.В. Проблема электромагнитной совместимости судовых технических средств. // Д.В. Вилесов, А.А. Воршевский, О.В. Евдокимов, В.Г. Паршин. – Судостроение, 1990, №1, с. 28-30.
3. Воршевский А.А. Аппаратура для испытаний электронного оборудования на электромагнитную совместимость. // А.А. Воршевский,

Д.В. Вилесов// Тезисы доклада ВНТК «ЭМС судовых технических средств». – Л. Судостроение, 1990, с. 141-142.

4. Вергиевский А.А. Испытание блоков бесперебойного питания и средств защиты от помех в соответствии с РОСТ-Р-50745-95. // А.А. Воршевский // сб. докладов 5-й Российской научн.-техн. Конф. «Электромагнитная совместимость технических средств и объектов» - Санкт-Петербург, 1998, - с. 513-519.

5. Воршевский А.А. Измерение импульсных искажений напряжения на судах. // А.А. Воршевский // Тезисы конференции Ленинградского караблестроительного ин-та им. адм. Макарова «Судовая электротехника». – Л. 1983 – с. 34-39.

6. Воршевский А.А. Приборное обеспечение испытаний электронного оборудования на электромагнитную совместимость. // Воршевский А.А., Вилесов Д.В. // Труды научн.-техн. Конференции по караблестроению «Перспективы и проблемы судовой электротехники и электроники», - Варна, 1998, с. 27-30.

7. Вилесов Д.В. К формированию требований по обеспечению электромагнитной совместимости судового электрооборудования. // Д.В. Вилесов, А.А. Воршевский. Сб. докл 2-й Российской научн.-техн. Конференции «Электромагнитная совместимость технических средств и биологических объектов» - Санкт-Петербург, 2000, с. 345-353.

8. Воршевский А.А. Факторы, определяющие изменение параметров импульсных помех при распространению по кабелю. // А.А. Воршевский и др. 8-й Российский научн.-техн. Сб. «Электромагнитная совместимость технических средств и биологических объектов.» - Санкт-Петербург, 2004, с.129-133.

9. Воршевский А.А. Трехфазный анализатор амплитуды импульсных помех. // А.А. Воршевский и др. // Тез. докл. 3-й Всероссийский научн.-техн. Конф. «Помехи в цифровой технике» - 1982 – Паланга, с. 30-32.

10. Воршевский А.А. Испытание электронного и электротехнического оборудования на защищенность от импульсных помех и провалов напряжения в питающей сети. // Воршевский А.А. и др. // Тезисы доклады Всесоюзный научн.-техн. Конференции «Электромагнитная совместимость радио-электронных средств в подвижных объектах» - Рига, 1985, с104-106.

11. Аполлоянский С.М. Электромагнитная совместимость в системах электроснабжения // Аполлоянский С.М. Вилесов Д.В. Воршевский А.А. – Л. Электричество, 1991, №4, с.1-6.