

На рис. 2 приводятся результаты расчета по составленной программе.

Л и т е р а т у р а

1. Стрелюк М.И., Сергей И.И. Расчет электродинамических усилий в трехфазной системе гибких проводов. - Изв. вузов СССР. Энергетика, 1975, № 11. 2. Годунов С.К., Рябенский В.С. Введение в теорию разностных схем. М., 1962. 3. Бошнякович А.Д. Расчет проводов подстанций и больших переходов ЛЭП. Л., 1975. 4. Кессельман Л.М., Денисов Ю.М. Векторный метод расчета тяжелой гибкой нити. - В сб.: Проектирование энергосистем и электрических сетей, вып. III. Ташкент, 1967.

УДК 621.315.21:537.312.62

И.А.Ступак

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ КРИОГЕННЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Исследования линий высокой электропроводности путем создания экспериментальных установок в основном нацелены на получение различных электрических, теплофизических, электродинамических и других параметров. Но они не дают возможности непосредственно определить количественные и тем более эксплуатационные показатели надежности данных линий. Это связано с тем, что определяемые параметры не имеют четко выраженных критериев для обоснования надежности криогенных кабельных линий, что осложняет их всестороннюю оценку.

Однако можно найти определенный подход к предварительной оценке некоторых показателей, используя статистические данные об отказах.

Есть основания предполагать, что один из основных критериев надежности криокабеля (общее количество отказов) характеризуется электрическими, тепловыми, электрофизическими, механическими, эксплуатационными и другими причинами. Уровень этих факторов определяет состояние надежности системы криокабеля.

При анализе общего количества отказов криогенной кабельной линии учитываются отказы не только по указанным причинам, но и возможным их сочетанием.

Математической моделью процесса эксплуатации криогенной кабельной линии может служить случайный процесс, характеризующийся последовательностью чередующихся интервалов работоспособности и восстановления (рис. 1).

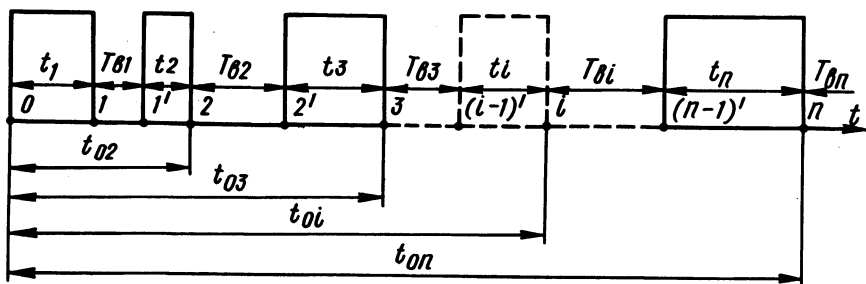


Рис. 1. Математическая модель процесса эксплуатации криогенной кабельной линии: t_1 – время нормального функционирования элемента от момента включения в эксплуатацию ($t. 0$) до первого отказа ($t. 1$); t_2 – промежуток времени, исчисляемый с момента выхода элемента на рабочий режим по истечению времени первого восстановления ($T_{в1}$) до следующего отказа ($t. 2$) – соответственно $t_3, \dots, t_i, \dots, t_n; T_{в1}, \dots, T_{ви}, \dots, T_{вn}$ – время простоя, т.е. случайное время вынужденного пребывания криокабеля в состоянии неработоспособности после $1, 2, 3, \dots, i, \dots, n$ отказов. Моменты выхода устройства на рабочий режим помечены соответственно точками $1', 2', \dots, (i-1)', \dots, (n-1)$; $t_{02}, \dots, t_{0i}, \dots, t_{0n}$ – суммарные временные периоды функционирования системы от момента включения в эксплуатацию ($t.0$) до момента прекращения исследования.

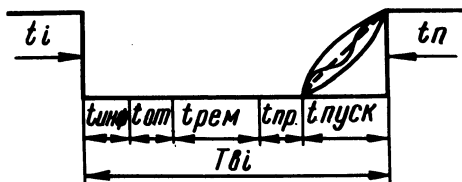


Рис. 2. Временная диаграмма составляющих суммарного времени восстановления работоспособности системы криокабеля: $t_{инф}$ – информационное время на оповещение обслуживающего персонала звуковым, световым или иным сигналом о возникновении повреждения или нарушении

режима работы криокабеля; $t_{от}$ – время, затраченное ремонтно-обслуживающим персоналом, на отыскание возникшего отказа элемента криокабеля (узла, блока, системы); $t_{рем}$ – время, затраченное обслуживающим персоналом, на восстановление (ремонт) отказавшего устройства (элемента, узла, блока, системы); $t_{пр}$ – затраченное время на проверку восстановления элемента криокабеля (узла, блока и т.д.) за период $t_{рем}$ с целью заключения о его исправности и что он после включения сразу не откажет; $t_{пуск}$ – время, затраченное обслуживающим персоналом на пуск элементов установки криокабеля до выхода на рабочий режим.

Время нормальной работы криогенной кабельной линии (элемента, узла, блока) между отказами (наработку на отказ) t_1, t_i, \dots, t_n можно определить исходя из рассмотрения рис. 1, а суммарные временные периоды функционирования системы с учетом всех восстановлений соответствуют формуле

$$t_{on} = \sum_{i=1}^k t_i + \sum_{j=1}^n T_{Vi}, \quad (1)$$

где k и n - соответственно общее количество суток нормальной работы и восстановлений с выходом на рабочий режим криокабеля (элемента, узла, блока) за рассматриваемый период исследования ($i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, n$).

Общее время восстановления работоспособности системы (элемента, узла, блока) - это суммарное время (T_{Vi}) от момента отказа до момента выхода на рабочий режим. Составляющие суммарного времени восстановления работоспособности криокабеля оцениваются по временной диаграмме. (рис. 2)

$$T_{Vi} = t_{инф} + t_{от} + t_{рем} + t_{пр} + t_{пуск}. \quad (2)$$

Определив суммарную наработку на отказ, время восстановления работоспособности и суммарные временные периоды функционирования за исследуемый период наблюдения, можно обработать статистические данные на ЭВМ. Для этого необходимо имеющуюся информацию об отказах и восстановлениях сгруппировать в массивы в виде вариационного ряда и исследовать на ЭВМ с целью определения закона распределения времени безотказной работы. По полученным данным построить эмпирические и теоретические графики плотности распределения и определить ряд количественных и эксплуатационных показателей надежности - математическое ожидание $M(x)$, дисперсию $D(x)$, интенсивность отказов (λ) и коэффициенты: готовности $(K_г)$, ремонтпригодности ($K_р$), использования ($K_и$), простоя $(K_п)$ и стоимости эксплуатации ($K_э$) [1].

На надежность криогенной кабельной линии оказывают влияние и другие факторы: как стабилизация сверхпроводника, локализация мест повреждения изоляции при коротком замыкании методом "самозалечивания", восстановление работоспособности кабеля при исчезновении явления сверхпроводимости от повышения температуры выше критической и многие другие причины, требующие тщательной разработки и решения.

Л и т е р а т у р а

1. Сотсков Б.С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники, М., 1970.