

УДК 631.316

А.М.ЧИКАЛЕВА, аспирант (ИГЭУ),
С.В.ВОРОБЬЕВ, ст.преп. (ИГЭУ)
Научный руководитель О.С. Мельникова, к.т.н., доцент (ИГЭУ)
Г. Иваново

**ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ИНДУЦИРОВАННОГО ТОКА В
ГРОЗОЗАЩИТНЫХ ТРОСАХ СО ВСТРОЕННЫМ ОПТИЧЕСКИМ
ВОЛОКНОМ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ 110 кВ**

С 2018 года Россия взяла курс на цифровое преобразование экономики страны, который затрагивает, в том числе и отрасль энергетики [1]. Цифровая трансформация меняет подход к развитию распределительных систем, в частности воздушных линий (ВЛ). Последнее время наблюдается активная замена грозозащитных тросов на оптические кабели, встроенные в грозозащитные тросы (ОКГТ) – тросы со встроенным оптическим волокном. Независимо от напряжения ВЛ ОКГТ должен, как правило, быть заземлен на каждой опоре, в некоторых случаях допускается любой способ подвески ОКГТ [2], [3].

При заземлении грозозащитных тросов (ГТ) на каждой опоре возникает контур, образованный тросом, опорой и землей, что в соответствии с законом электромагнитной индукции приводит к возникновению взаимоиндукции между фазными проводниками и заземленными участками грозозащитных тросов. В результате этого, в тросе появляется индуцированный ток, величина которого во многом зависит от мощности, передаваемой по ВЛ и геометрии опор.

С целью обоснования необходимости разземления грозозащитных тросов в работе выполнено моделирование участка воздушной линии 110 кВ с заземленными на каждой опоре грозозащитными тросами. Результаты исследований показали, что для одноцепных ВЛ 110 кВ величина индуцированного существенно влияет на величину активных потерь на ВЛ. Выполненные исследования показали необходимость пересмотра требований к подвеске ОКГТ на ВЛ для снижения эксплуатационных затрат.

К опорам грозозащитный трос может быть присоединен наглухо, через изолятор или изоляторы (изолированное крепление), а также комбинированным способом, т.е. изолированное крепление троса к опорам сочетается с его глухим заземлением в одной или двух точках анкерного участка линии.

Для обеспечения эффективной защиты воздушной линии электропередачи от прямых ударов молнии грозозащитный трос должен быть наглухо присоединен к опоре, электропроводящее тело которой имеет связь с контуром заземления.

Однако при глухом заземлении троса на каждой опоре линии имеют место значительные потери электроэнергии. Они происходят в результате появления токов в замкнутых контурах заземляющей системы тросы — опоры из-за действия ЭДС, наводимой в тросах электромагнитной индукцией. Наибольшие токи в тросах имеют место при наличии на металлической или железобетонной опоре двух тросов, так как они оказываются параллельно соединенными непосредственно через тело каждой опоры. При подвеске одного троса ток в нем меньше, чем в случае двух тросов, так как сопротивление одного троса в 2 раза больше двух параллельно соединенных тросов [4].

Снижения потерь электроэнергии в тросах можно достичь при полном или частичном разземлении тросов.

Моделирование наведенных токов в грозозащитном тросе для воздушных линий (ВЛ) 110 кВ производилось в программе ATPDraw.

Уровень наведенных токов в грозозащитных тросах в нормальном режиме работы ВЛ при различных способах заземления грозозащитных тросов может достигать значительных величин. При изолированной подвеске грозотросов или при их одностороннем заземлении величина наведенного тока определяется емкостной связью между тросом и фазными проводами, а при заземлении с двух сторон на каждой опоре или в анкерном пролете сильное влияние оказывает связь проводов и тросов через взаимоиндукцию.

Для расчета значений токов, наведенных в тросе, была разработана модель в программном комплексе ATPDraw.

Однолинейная схема участка воздушной линии в однофазном исполнении приведена на Рис. 1.

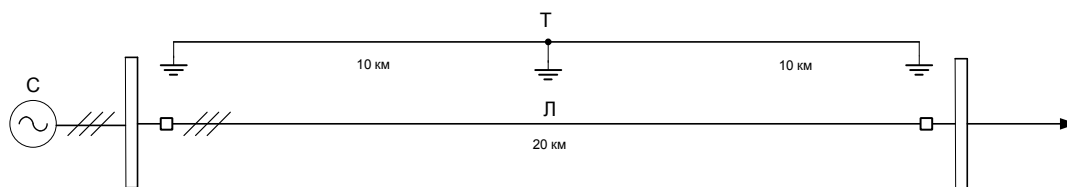


Рис.1 Однолинейная схема участка ВЛ в однофазном исполнении

ВЛ 110 кВ моделируется элементарными блоками линий с распределёнными параметрами.

Схема замещения элементарного блока расчетной модели в 3-х фазном исполнении для одноцепной ВЛ приведена на Рис.2.

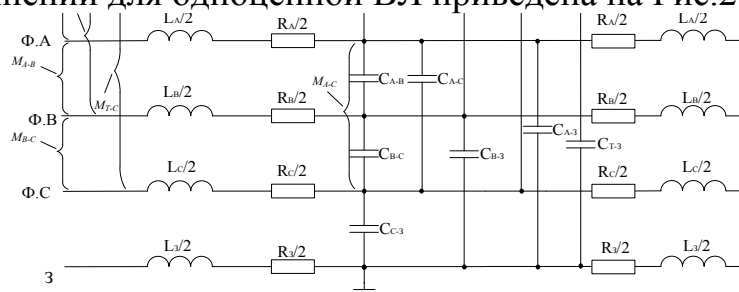


Рис. 2. Схема замещения элементарного блока расчетной модели в 3-х фазном исполнении для одноцепной воздушной линии

На Рис. 3 и Рис.4 представлены модели одноцепной и двухцепной ВЛ 110 кВ.

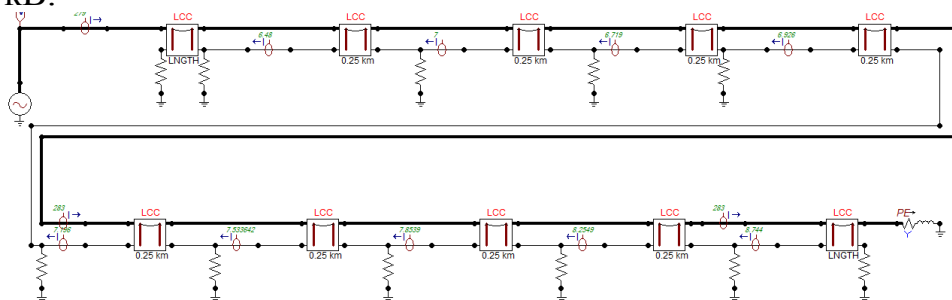


Рис.3. Модель одноцепной ВЛ 110 кВ в программном комплексе ATPDraw

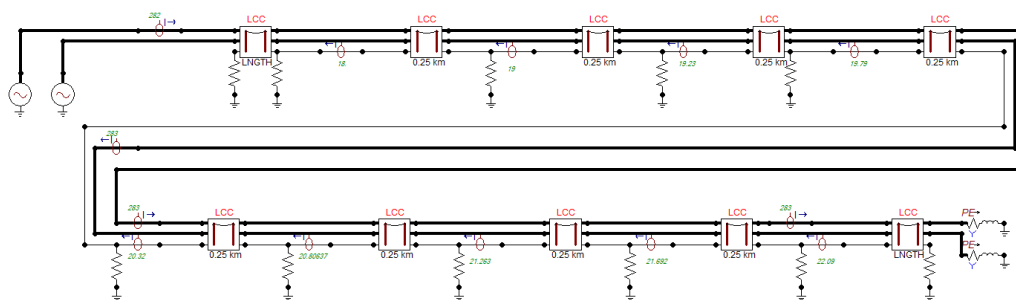


Рис. 4. Модель двухцепной ВЛ 110 кВ в программном комплексе ATPDraw

Для приведенной выше модели получены значения токов, протекающих в тросе за счет электромагнитной составляющей. Исследования выполнены для опор различной геометрии, для разной

величины сопротивления заземления опоры, а также для различной величины коэффициента провиса, равного отношению стрелы провиса троса к значению величины провиса фазного провода.

Полученные результаты представлены в таблицах 1 – 3.

Таблица 1

Значения наведенных токов в тросе, при разных протекающих в фазе токах

Величина фазного тока	Одноцепные			Двухцепные		
	<i>ПБ-110-3</i>	<i>ПБ-110-5</i>	<i>СПБ-110-3</i>	<i>ПБ-110-4</i>	<i>ПБ-110-6</i>	<i>СПБ-110-4</i>
600	23,86	34,49	25,39	51,64	63,69	56,13
200	7,674	11,48	8,47	20,32	25,56	22,09

Таблица 2

Значения наведенных токов в тросах, при разной величине сопротивления заземления (при токе в фазном проводе 400 А)

Величина сопротивления заземления, Ом	Одноцепные			Двухцепные		
	<i>ПБ-110-3</i>	<i>ПБ-110-5</i>	<i>ПБ-110-3</i>	<i>ПБ-110-5</i>	<i>ПБ-110-6</i>	<i>СПБ-110-4</i>
5	17,08	25,44	18,85	43,02	53,83	46,75
100	11,2	16,62	12,37	27,67	34,5	30,09

Таблица 3

Значения наведенных токов в тросах, при разной величине отношения стрел провиса троса и провода (при токе в фазном проводе 400 а)

Величина сопротивления заземления, Ом	Одноцепные			Двухцепные		
	<i>СПБ-110-3</i>	<i>ПБ-110-4</i>	<i>СПБ-110-3</i>	<i>ПБ-110-4</i>	<i>ПБ-110-6</i>	<i>СПБ-110-4</i>
0,1	11,98	18,26	14,27	32,46	40,12	33,26
10	18,66	26,68	19,16	44,5	54,28	45,6

В работе приведена модель участка ВЛ 110 кВ с помощью которой выполнены расчеты токов в тросе для опор различной геометрии, разных значений сопротивлений заземления опор и разных стрел провиса провода и троса.

В ходе исследования построены соответствующие зависимости тока в тросе для разных условий. Получены зависимости индуцированного тока

в ГТ при протекании разных по значению токов в фазном проводнике. Из них видно, что величина наведенного тока увеличивается в 2,5-3 раза (в зависимости от типа опоры) при увеличении тока в фазных проводах от 200 до 600 А.

Так же получены зависимости величины тока, протекающего в ГТ, при разных значениях сопротивления заземления. При изменении последнего параметра от 5 до 100 Ом величина индуцированного тока в ГТ уменьшается в 1,2-1,5 раза.

Для зависимостей величины наведенного тока в ГТ от коэффициента провиса, равного отношению стрелы провиса троса к значению величины провиса фазного провода, характерно увеличение тока в тросе. Его значения могут увеличиваться до 1,5 раз при изменении k_{np} от 0,1 до 10. Результаты исследований показали, что для одноцепных ВЛ 110 кВ величина индуцированного тока изменяется в пределах от 3 до 30 А, что существенно влияет на величину активных потерь на ВЛ. Выполненные исследования показали необходимость пересмотра требований к подвеске ОКГТ на ВЛ для снижения эксплуатационных затрат.

Список литературы:

1. Указ Президента Российской Федерации № 204 от 7.05.2018 о национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года
2. Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ) – 7 издание. Утверждены приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204
3. СТО 56947007-33.180.10.172-2014 Технологическая связь. Правила проектирования, строительства и эксплуатации ВОЛС на воздушных линиях электропередачи напряжением 35 кВ и выше
4. Якушева, Ю. С. Грозозащита и заземление. Молниеотводы, грозозащитные тросы и разрядники / Ю. С. Якушева; науч. рук. Е. М. Мышковец // Актуальные проблемы энергетики: материалы 70-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. Секция 2: Электрические системы. – Минск: БНТУ, 2014. – С. 104 – 105.

Информация об авторах:

Чикалева Алина Михайловна, аспирант, ИГЭУ, городской округ Иваново, Фрунзенский район, Рабфаковская улица, 34, zebratb@mail.ru

Воробьев Сергей Викторович, старший преподаватель, ИГЭУ,
городской округ Иваново, Фрунзенский район, Рабфаковская улица, 34,
vsv-ivanovo@yandex.ru

Мельникова Ольга Сергеевна, к.т.н., доцент, ИГЭУ, городской округ
Иваново, Фрунзенский район, Рабфаковская улица, 34,
o.s.melnikova@mail.ru