

По разработанному алгоритму составлена программа расчета на ЭВМ субколебаний проводов расщеплений фазы с учетом упругих и вязких свойств распорок.

Составленная программа используется для исследования влияния жесткости распорок на интенсивность процесса субколебаний проводов ЛЭП СВН. На первом этапе исследований жесткость распорки принималась независимой от приложенной силы и варьировалась в диапазоне 3000—30 000 даН/м.

Результаты расчетов для фазы с пятью проводами приведены на рис. 2, 3. Анализ полученных результатов показывает, что при изменении жесткости распорки в указанных пределах параметры, характеризующие субколебания проводов, изменяются незначительно. Более существенное влияние жесткости распорки на параметры субколебаний следует ожидать в области ее значений, меньших 1500 даН/м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелюк М.И., Сергей И.И. — Влияние расщепленной фазы гибкой ошиновки ОРУ на динамику ее параметров при коротких замыканиях. — Изв. вузов СССР. Энергетика, 1981, № 4, с. 6—12.
2. Березин И.С., Жидков Н.П. — Методы вычислений. — М., 1966. Т.1 — 632 с

УДК 621.316.35.001.24

М.И.СТРЕЛЮК, И.И.СЕРГЕЙ, канд-ты техн.наук,
Ю.В.БЛАДЫКО (БПИ)

РАСЧЕТ НА ЭВМ СТАТИКИ ГИБКОЙ ОШИНОВКИ РУ

В настоящее время проектные организации Минэнерго оснащены ЭВМ единой серии, на базе которых разрабатываются и внедряются системы автоматизированного проектирования работ (САПР) энергетических объектов. Одной из задач проектирования, подлежащих включению в САПР, является механический расчет гибкой ошиновки распределительных устройств (РУ) электрических станций и подстанций.

Существующие методы механического расчета гибкой ошиновки РУ основаны на ручном счете и поэтому предполагают ряд упрощений и допущений [1]. Использование таких методов сводит вычисление напряжений в проводах РУ к решению известного уравнения состояния, выведенного для проводов ЛЭП и дополненного поправочным коэффициентом, который учитывает наличие натяжных гирлянд изоляторов и спусков к электрическим аппаратам. При составлении формул для расчета поправочного коэффициента и стрел провеса предполагают, что провода и гирлянды изоляторов имеют очертание параболы, нагрузки действуют нормально к горизонтальному пролету, кривая провисания проводов и гирлянд является плоской линией, а длина гирлянд равна их горизонтальной проекции. Указанные допущения ограничивают использование упрощенных методов частными случаями расположения шин и спусков. Поэтому они не могут быть использованы для САПР, так как данная система включает программы, пригодные для решения задач в общем виде.

По предложению Института Атомтеплоэлектропроект (АТЭП), являющегося одной из головных организаций Минэнерго по разработке и внедрению САПР для ТЭС и АЭС, в Белорусском политехническом институте был разра-

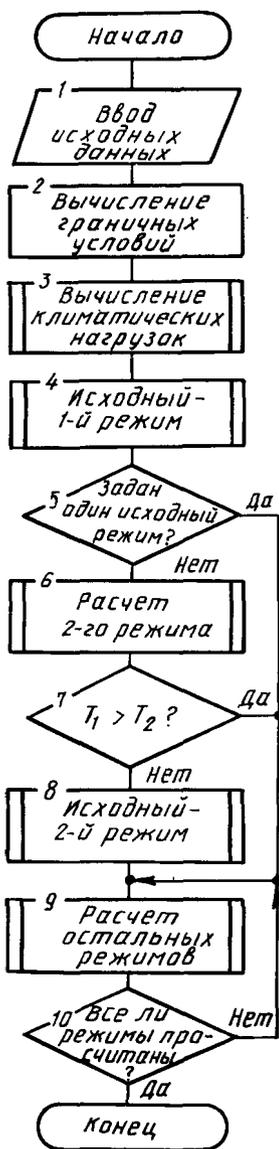


Рис. 1. Алгоритм механического расчета гибкой ошиновки в различных климатических режимах.

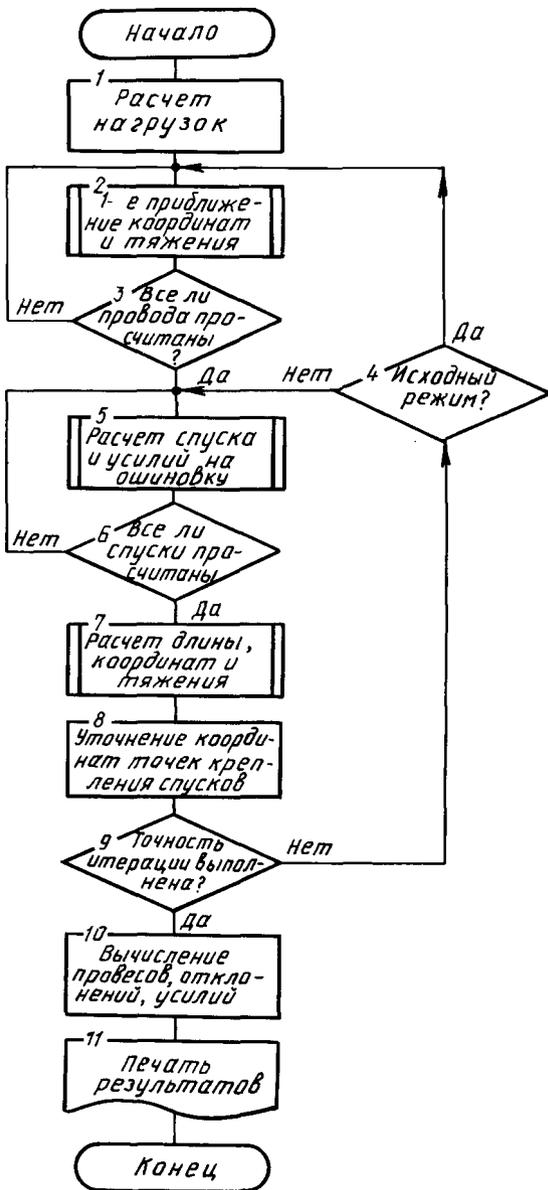


Рис. 2. Алгоритм расчета гибкой ошиновки в одном климатическом режиме.

ботан векторный метод расчета статики гибкой ошиновки РУ, в основу которого положено представление проводов и гирлянд изоляторов гибкой упругой нитью [2]. Векторно-параметрическая форма записи уравнений гибкой упругой нити [2] делает их пригодными для расчета положения и тяжения гибких проводов при различном расположении ошиновки в РУ с учетом упругого и температурного удлинения. Такой подход позволяет учесть разность высот подвеса, а также натяжные гирлянды изоляторов, шлейфы, распорки, зажимы и отпайки с учетом их реального расположения в РУ. На основе этих уравнений разработана комплексная математическая модель механического расчета гибкой ошиновки [2]. Программная реализация модели рассматривается в данной статье.

На рис. 1 приводится блок-схема реализованного алгоритма расчета статики гибкой ошиновки в различных климатических режимах. В качестве исходных данных (блок 1) принимаются известные из проектных материалов геометрические размеры и физико-механические свойства гибкой ошиновки РУ, а также установленные ПУЭ и нормами проектирования сочетания климатических факторов (толщина стенки гололеда, скорость ветра, температура воздуха). В блоке 2 определяются граничные условия и другие константы. В подпрограмме расчета климатических нагрузок (блок 3) по заданным скоростям ветра и толщине стенки гололеда вычисляются распределенные ветровые и гололедные нагрузки для каждого их сочетания (климатического режима). При определении гололедных нагрузок учитываются масса распорок и гололед на распорках.

Блоки 4, 6, 8, 9 на рис. 1 одинаковы по структуре и представляют собой отдельную подпрограмму, предназначенную для расчета гибкой ошиновки в одном климатическом режиме. Блок 4 используется при расчете режима, исходного для проектирования. По заданному тяжению T_1 определяется длина гибкой системы провод-гирлянды изоляторов до растяжения и без нагрева l_0 . Длина является основным параметром для определения тяжения и положения гибкой ошиновки в других режимах (блоки 9, 10). Для гибкой ошиновки РУ не установлено нормированное сочетание климатических факторов, при котором наступают максимальные механические напряжения в проводах. Поэтому из двух предполагаемых режимов выбирается исходный для проектирования (блоки 5–8). По заданному в одном из режимов тяжению T_1 определяется тяжение T_2 во втором режиме (блок 6). Если $T_2 > T_1$ (блок 7), то второй режим принимается за исходный для расчета (блок 8). Программа позволяет выполнить расчет ошиновки в двенадцати климатических режимах и может быть использована для построения монтажных кривых.

Блок-схема алгоритма расчета гибкой ошиновки в одном климатическом режиме приводится на рис. 2. Вычисление по этому алгоритму осуществляется в следующем порядке. Вначале находят распределенные нагрузки на провод с учетом ветра и гололеда, а также первые приближения сосредоточенных нагрузок от спусков и шлейфов (блок 1). Затем рассчитываются в качестве первого приближения по уравнениям нерастяжимой нити [3] координаты и тяжение проводов (блоки 2–4) и спусков (блоки 5, 6), после чего уточняются усилия от спусков на ошиновку. Вычисление координат и тяжений проводов по уравнениям упругой нити, определение длины провода с гирляндами изоля-

Сравнение результатов расчета по программе и по приближенной методике

Количество спусков	Режим максимальной нагрузки ($v = 12,5$ м/с, $c = 15$ мм, $\theta = -5^\circ$ С)						Режим максимальной температуры ($v = 15$ м/с; $c = 0$; $\theta = 70^\circ$ С)					
	Стрела провеса, м		Расхождение Δf_z , %	Горизонтальное отклонение, м		Расхождение Δf_y , %	Длина провода с гирляндами, м		Расхождение ΔL , %	Тяжение, даН		Расхождение ΔT , %
	по программе	по методике [1]*		по программе	по методике [1]*		по программе	по методике [1]		по программе	по методике [1]	
1	2,314	2,505	8,25	0,713	0,644	-9,7	48,36	48,43	0,14	1079	1102	2,13
		2,338	1,04		0,719	0,84						
2	2,836	3,176	12,0	0,979	0,790	-19,3	48,52	48,63	0,23	1095	1131	3,29
		2,893	2,00		0,989	1,03						
3	3,157	3,624	14,8	1,126	0,890	-20,9	48,67	48,84	0,34	1086	1143	5,25
		3,249	2,90		1,170	3,91						

* В числителе спуск учитывается как вертикальная нагрузка; в знаменателе при рас

чете использованы значения усилий от спусков, вычисленные по программе.

торов производится в отдельной подпрограмме (блок 7). После этого уточняются координаты точек крепления спусков к ошиновке (блок 8), и если они близки к координатам, вычисленным на предыдущем шаге итераций (блок 9), то вычисляются стрелы провеса, горизонтальные отклонения, тяжения, провесы в заданных точках и усилия на электрические аппараты от спусков (блок 10). Результаты расчета выводятся в виде таблиц на широкую печать (блок 11).

Программа позволяет рассчитать одновременно один, два или три фазных провода. Принятое в программе максимальное количество отпаяк к электрическим аппаратам на каждой фазе не превышает трех. Программа реализована на алгоритмическом языке ФОРТРАН-IV в операционной системе ДООС ЕС и занимает 135 Кбайт оперативной памяти ЭВМ. Время счета на ЭВМ ЕС-1022 для одной фазы в одном климатическом режиме в среднем составляет 1 мин. Характерной особенностью программы является использование чисел удвоенной длины для учета упругих свойств проводов и гирлянд.

Результаты расчета по программе сравнивались с данными, полученными по приведенной в [1] приближенной методике (табл. 1). Неизменными параметрами в процессе расчета являлись: длина пролета (48 м), марка провода (2хАС-600/72), масса 1 м гирлянды (48 кг), длина гирлянды (5 м). Сравнение результатов показывает, что погрешность от неучета реального расположения спусков и гирлянд зависит от количества спусков и составляет в определении стрел провеса 8–15%, горизонтальных отклонений – 9–20, тяжений – 2–5%. Дальнейшие расчеты показали, что это расхождение объясняется в основном разным учетом сил, действующих от спусков на шины РУ. Влия-

ние учета реального расположения спуска в РУ на точность расчета видно из табл. 1. Например, при использовании значений усилий от спусков, вычисленных по программе, погрешность приближенной методики [1] в определении стрел провеса уменьшается до 1–3%, для горизонтальных отклонений – до 1–4% и для длин проводов с гирляндами изоляторов – до 0,1–0,35%. Это подтверждает достоверность полученных по программе результатов.

Разработанная программа механического расчета гибкой ошиновки проходит опытную эксплуатацию в АТЭП и Белорусском отделении ВНИПИэнергопрома, по ней производятся расчеты гибкой ошиновки РУ электрических станций и подстанций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бошнякович А.Д. Расчет проводов подстанций и больших переходов ЛЭП. – Л., 1975. – 248 с. 2. Стрелюк М.И., Сергей И.И., Владыко Ю.В. Численный метод расчета статики гибкой ошиновки ОРУ в различных режимах климатических воздействий. – Изв. вузов СССР. Энергетика, 1983. № 8, с. 8–14. 3. Сергей И.И. Аналитическое решение уравнений статики гибких шин ОРУ с учетом гирлянд изоляторов. – В кн.: Научные и прикладные проблемы энергетики. Минск, 1979, вып. 6, с. 75–81.