

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСЛАБЛЕНИЯ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ИХ ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

© 2025 г. Алексей Николаевич Кожевников^{1*}, П.В. Ласточкин¹, Т.В. Бурнышева^{1**}
¹ – ФГБОУ ВО НГТУ, 630073 Новосибирск, пр-кт К.Маркса, д. 20
* - kozhevnikov.2010@corp.nstu.ru; ** - burnysheva@corp.nstu.ru

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) получили широкое распространение в системах передачи и распределения электрической энергии по всей территории Российской Федерации. Среди основных элементов этой сложной системы выделяют опоры ВЛ – металлические или железобетонные конструкции, поддерживающие проводники электрического тока на заданными нормативами высотах над поверхностью земли [1]. Среди неразрушающих методов контроля в настоящее время получает распространение определение технического состояния зданий и сооружений по периодам и декрементам собственных или свободных колебаний [2]. Данная работа посвящена исследованию чувствительности частот собственных колебаний к изменению условий закрепления решетчатых металлических опор ВЛ башенного типа на примере опор марки П110-3.

Для определения спектров частот собственных колебаний пространственных решетчатых конструкций применялся конечно-элементный комплекс ANSYS Mechanical. На встроенном языке программирования был реализован алгоритм автоматизированного построения расчетных дискретных моделей башенных конструкций [3]. Особенностью этого подхода является возможность учета типовых эксплуатационных повреждений объекта исследования. В рамках представленной работы рассматривается только некачественное соединение подпятника опоры с фундаментом. В некотором приближении такой дефект возможно рассматривать как общее ухудшение технического состояния бетонной опоры в грунте во время эксплуатации.

На этапе моделирования были определены как частоты собственных колебаний опоры в условиях жесткого закрепления по всем точкам заземления, так и при учете полного освобождения отдельного опорного узла от связей. Результаты удобно представить в виде сводной таблицы (табл. 1). Однако полученные численно результаты требуют экспериментального подтверждения. Для этой цели была разработана имитационная модель решетчатой опоры ВЛ марки П110-3. Данная модель не является полным аналогом или динамическим демонстратором реальной конструкции, но имеет качественно такой же спектр частот собственных колебаний, что и реальная опора П110-3: в порядке возрастания присутствуют балочные безузловые формы изгибных колебаний, крутильная и более высокие одноузловые изгибные колебания опоры [4].

На модельной конструкции был внесен дефект, аналогичный расчетному случаю – выполнено ослабление крепления одного из подпятников к силовому полу зала статических испытаний конструкций ФГБОУ ВО НГТУ. С применением анализатора частот колебаний конструкций башенного типа «ЛЭПТОН-1» определялись спектры свободных колебаний в исходном и в поврежденном состоянии (табл. 1).

Таблица 1

Сводные результаты расчетного и экспериментального исследований

Номер частоты	Опора П110-3 (расчет)			Имитационная модель (эксперимент)		
	Частота колебаний, Гц		Разница, %	Частота колебаний, Гц		Разница, %
	исходная	с дефектом		исходная	с дефектом	
1	2.9504	2.1939	-25.64	7.73	5.22	-32.47%
2	2.9541	2.9522	-0.06	9.04	8.03	-11.17%

В результате выполненной работы показано, что освобождение от закрепления одного из крепежных узлов конструкции опоры ВЛ П110-3 и ее имитационной модели приводит к схожим изменениям в значениях низших частот собственных изгибных колебаний. Отличие может быть обусловлено качеством изготовления самой имитационной модели или отдельных ее опорных узлов. Дальнейшие исследования целесообразно проводить для исследования влияния качества закрепления других опорных точек и их комбинаций на динамические параметры сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7.
2. ГОСТ 31937 – 2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
3. *Kozhevnikov A.N., Krasnorutskiy D.A., Levin V.E.* Development of subroutine for automatic building of finite-element models of typical metal pylons of air power transmission lines // International conference on mechanical engineering, automation and control systems (MEACS). 2015. IEEE, 2015. 4 p.
4. *Кожевников А.Н., Красноруцкий Д.А.* Определение частот малых колебаний опоры линии электропередачи в среде ANSYS // Наука. Промышленность. Оборона: труды 15-й Всерос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 23-25 апреля, 2014. С. 308–311.