

при этом коэффициент отражения не превышает 5 % в диапазоне частот от 2 до 4 ГГц.

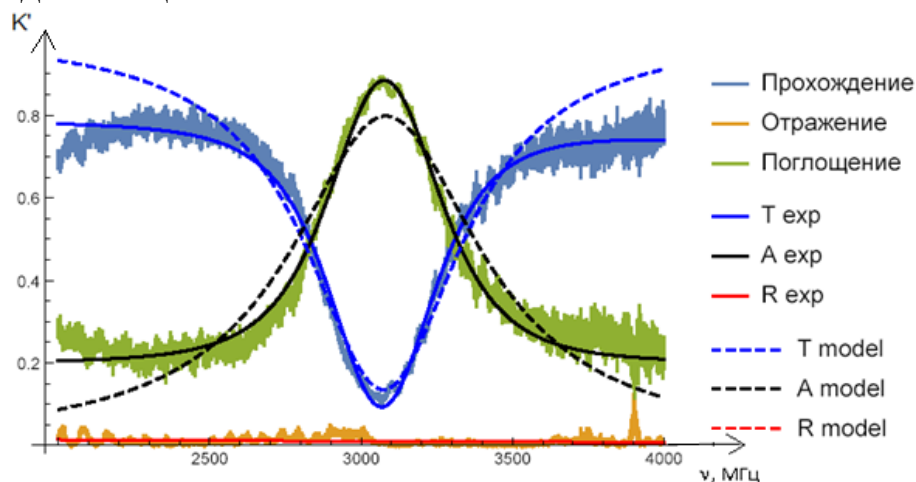


Рисунок 5 – Аппроксимирующие кривые и математическая модель, построенные по экспериментальным графикам частотной зависимости для коэффициентов отражения, прохождения и поглощения по мощности

Результаты экспериментальных исследований частотной зависимости для коэффициентов отражения, прохождения и поглощения образца «идеального» двустороннего поглотителя в высокой степени соответствуют теоретическим результатам.

Литература

1. Энциклопедия физики и техники [Электронный ресурс] / Контур спектральных линий. Режим доступа: http://www.femto.com.ua/articles/part_1/1743.html. - Дата доступа: 06.03.2020.

2. Семченко, И.В. Электромагнитные волны в метаматериалах и спиральных структурах / И.В. Семченко, С.А. Хахомов. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 279 с.

Д. А. Давидовский (ГГТУ имени П.О. Сухого, Гомель)
 Науч. рук. **В.И. Токочаков**, канд. техн. наук, доцент

СТАТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ УЗЛОВ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В электрической системе должно поддерживаться устойчивое равновесие в производстве и потреблении активной и реактивной мощности.

При коротких замыканиях, отключениях мощных агрегатов и внезапных изменениях мощности нагрузок в системе это равновесие нарушается. Результирующие переходные процессы могут привести к значительному увеличению углов между электродвижущей силой (ЭДС) работающих генераторов и напряжением сети, а также к резкому изменению напряжения в основных узлах системы. В результате отдельные генераторы и целые электростанции могут выйти из синхронного режима работы. Восстановление нормального режима работы системы в таких случаях связано с длительным отключением электроэнергии для большинства потребителей.

Динамическая и статическая устойчивости являются важнейшими условиями надежности системы, обеспечивающей бесперебойное энергоснабжение потребителей электроэнергией требуемого качества.

Статическая устойчивость – это способность системы самопроизвольно восстанавливать свой первоначальный режим после небольшого или медленно меняющегося во времени возмущения. Переходные процессы, возникающие во время этого процесса, быстро затухают, и баланс в системе поддерживается действием регуляторов параметров, работающих в пределах установок.

Часть системы электроснабжения, непосредственно снабжающая электрической энергией потребителей, называется системой электроснабжения (для расчета устойчивости – узлом нагрузки). Она содержит питающие и распределительные сети, трансформаторы, компенсирующие устройства и электроприемники. Установившиеся режимы и переходные процессы должны удовлетворять общим требованиям, сформулированным в отношении системы в целом.

Статическая устойчивость узла нагрузки системы проверяется по практическим критериям: изменению эквивалентной ЭДС в зависимости от напряжения $dE_э/dU > 0$; изменению реактивной мощности в зависимости от эквивалентной ЭДС $dQ_э/dE_э > 0$.

Для этого строят зависимости ЭДС в функции напряжения на шинах нагрузки U , т.е. $E_э = f(U)$, а также зависимость предоставляемой электроэнергетической системой реактивной мощности $Q_э$ в функции ЭДС $E_э$, т.е. $Q_э = f(E_э)$. Указанные зависимости строятся с использованием компьютеров.

В точке включения нагрузки состояние равновесия характеризуется изменяющимися параметрами режима U , $P_H = f(U)$, $Q_H = f(U)$. В этом случае определяющей переменной является напряжение U в узле подключения нагрузки, которое отражает состояние всех элементов системы. Изменение всех переменных параметров режима можно за-

фиксировать по показателям режима – эквивалентной ЭДС $E_э$ и реактивной мощности Q_H , по которым судят о статической устойчивости узла нагрузки.

Зависимость графически анализируется

$$E_э = \sqrt{\left(U_H + \frac{Q_H X_{ВН}}{U_H}\right)^2 + \left(\frac{P_H X_{ВН}}{U_H}\right)^2}. \quad (1)$$

С утяжелением режима по переменной напряжения в узле U кривая $E_э = f(U)$ имеет минимум при $dE_э/dU = 0$ с координатами, соответствующими критическому режиму $E_{кр}$ и $U_{кр}$ (рисунок 1).

Критерий статической устойчивости (критерий Жданова) имеет вид $dE_э/dU > 0$.

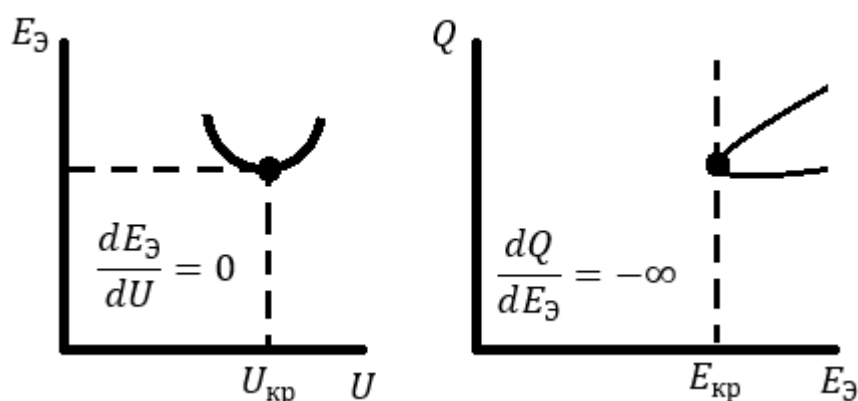


Рисунок 1 – Графическое представление критерия предела устойчивости

Коэффициенты запаса по напряжению и эквивалентной ЭДС определяются по формулам

$$K_з^U = \frac{U_{ном} - U_{кр}}{U_{ном}} 100\%, \quad (2)$$

$$K_з^E = \frac{E_0 - E_{кр}}{E_0} 100\%, \quad (3)$$

где $U_{кр}$, $E_{кр}$ – параметры напряжения и эквивалентной ЭДС критического режима.

При выполнении расчетов, связанных с сильными падениями напряжения в узлах нагрузки, следует иметь в виду, что по ряду причин падения напряжения могут привести к самоотключению потребителей. Сброс нагрузки промышленных предприятий может достигать, согласно экспериментальным данным, 50 % [1]. Следовательно, при выполнении расчетов для действующих энергосистем необходимо при падении напряжения на шинах потребителей примерно до $0,7 U_{ном}$ и ниже учитывать самоотключения, для чего необходимо уменьшать величину нагрузки двигателя на 20–30 %.

На основании этих расчетов, при необходимости, следует выбирать мероприятия, улучшающие устойчивость нагрузки: регулирование возбуждения синхронных машин, а также отключение части неответственной нагрузки при падении напряжения в узлах.

Если эти мероприятия не решают задачи, то может быть поставлен вопрос об улучшении характеристик комплексной нагрузки (замена части асинхронных двигателей синхронными), а также параметров внешней сети (увеличение мощности питающих трансформаторов, строительство новых линии электропередач в распределительных сетях и т.д.).

Литература

1. Крючков И.П. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для вузов / И.П. Крючков [и др.]; под ред. И.П. Крючкова. – М.: МЭИ, 2009. – 416 с.

2. Астахов Ю.Н. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях: учебное пособие для вузов / Ю.Н. Астахов [и др.]; под ред. В.А. Веникова. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 504 с.

3. Калентионюк, Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем /Е.В. Калентионюк. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 375 с.

Р. Ю. Долманюк (БелГУТ, Гомель)

Науч. рук. **А. А. Васильев**, канд. техн. наук, доцент

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОРРОЗИЙНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ АТМОСФЕРЫ

Эксплуатация мостов, в том виде, как это происходит сегодня, приводит к уменьшению срока их службы, снижению надежности, повышению рисков.

Возникает необходимость нового подхода для устранения приведенных недостатков. Методической основой эксплуатационной системы должны стать новейшие научные разработки автоматизированной оценки и прогноза технического состояния мостов, которые находятся в эксплуатации.

Большую роль в надежности эксплуатации и долговечности пролетного строения играют разнообразные технологические и физические факторы – состав бетона, режимы твердения, качество работ по