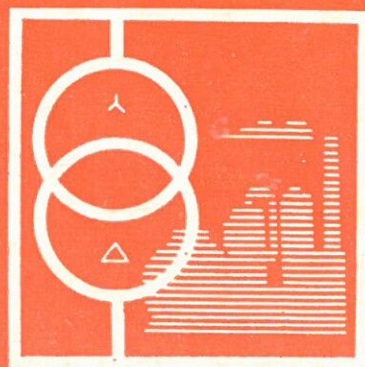


ISSN 0033-1155

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

№ 2
1981

5



Трудящиеся Советского Союза! Внедряйте передовой производственный опыт, эффективные формы организации и стимулирования труда!

Специалисты народного хозяйства! Изобретатели и рационализаторы! Совершенствуйте технику, технологию, управление производством!

Советские ученые! Повышайте эффективность исследований! Пусть крепнет союз науки и производства!

(Из Призывов ЦК КПСС к 1 Мая 1982 года)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б. Е. Аракелс, Г. Л. Багнев, О. Н. Багров, С. И. Веселов (главный редактор), Н. И. Волощенко, П. И. Головкин, В. Л. Громова, И. А. Гукаленко, Е. А. Джапаридзе, А. П. Егоричев, Г. М. Ермолов, Е. Ф. Мельниченко, В. В. Михайлов, Л. А. Невеллан (зам. главного редактора), В. Р. Окорюков, Г. Б. Онищенко, М. Н. Павлов, Ю. Л. Рыжнев, Н. И. Рябцев, В. И. Савин, Б. В. Сазанов, А. Г. Смирнов, Б. А. Соколов, Ю. А. Тихомиров, Л. Е. Федоров, Е. М. Фесков, И. А. Шадрухин (зам. главного редактора).



Адрес редакции: 103012, Москва, Б. Черкасский пер., 2/10. Телефон 221-66-04

Коммунизм — это есть Советская власть
плюс электрификация всей страны.
Ленин



ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Ежемесячный производственно-технический журнал
ОРГАН МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
И ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

5 Май
1982

Москва, Энергоиздат

Основан в 1944 году

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

- Аракелов В. Е., Кремер А. И. — Анализ энергоиспользования на промышленных предприятиях 2
 - Рябцев Н. И., Вяткин М. А. — Система мероприятий по экономному использованию энергоресурсов на предприятиях химической промышленности 6
 - Шадрухин И. А., Тихомиров Ю. А., Ганиева Т. М. — Некоторые методические вопросы расчета заданий по экономии топливно-энергетических ресурсов 11
 - Ермолов Г. М. — Нефтехимия в борьбе за экономное расходование топлива и энергии 12
 - Рушук В. И., Андреев В. П. — Совершенствование преобразовательных установок алюминиевой промышленности 14
- ЭКСПЛУАТАЦИЯ, МОНТАЖ И НАЛАДКА**
- Окнин Н. С., Орлов В. Г., Гурьев В. К., Дьяков В. В., Куценко Б. Н. — Контроль качества изоляции «Монолит» повышенным напряжением 17
 - Голыгин А. Ф., Галыцев Ю. К. — Стенд для настройки тиристорных преобразователей 20
 - Третяк В. И., Бородай И. М., Нагорный В. Н. — К вопросу о дистанционном учете электроэнергии 22
 - Плаатин А. М., Ибрагимов И. Р. — Высоковольтный бесконтактный измеритель больших постоянных токов 23
 - Сутюшев В. С., Макегов В. П. — Опыт эксплуатации кремниевых преобразовательных подстанций 24
 - Соболев В. Г. — О тепловом режиме грунтов в местах приближения кабельных линий к теплопроводам 26
 - Крыжановский Ю. С., Разилов Л. М. — Опыт реконструкции открытой схемы пароснабжения 28
 - Паперно С. И., Толстой А. В., Ходак Л. Ф. — О проведении тепловых испытаний котлов экспресс-методом 29

ПРОЕКТЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ

- Можав А. Н. — Выбор мощности сетевых трансформаторов для питания дуговых сталелитейных печей 30
- Шиманский О. Б. — О влиянии нелинейных искажений напряжения при переходных процессах в энергосистеме на устойчивость систем автоматич. и производств. химических волокон 32
- Левашунов Р. Т. — Выбор линейной изоляции в районах с загрязненной атмосферой 35

- Долин А. П. — Инженерный расчет наибольших отклонений проводов и гибких шин при коротких замыканиях 38
- Нус Г. С. — Методика определения параметров руднотермических электропечей производства тяжелых цветных металлов 40
- Безродный М. К., Волков С. С., Кондрюк Е. А., Иванова В. Б., Петров В. Н. — Исследование предельного теплопереноса наклонных двухфазных термосифонов с разделением всходящего и нисходящего потоков промежуточного теплоносителя 44
- Данилин Е. А., Ключков В. Н. — Определение коэффициента избытка воздуха при совместном сжигании двух видов топлива 48
- Чечеткин А. В., Пресс Е. Э., Хараз Д. И., Чавусер М. Ш. — Расчет предельно допустимых тепловых потоков теплогенераторов змеевикового типа с высокотемпературными органическими теплоносителями 49
- Каненко Г. М., Коваленко Ю. Л., Петухов А. В., Павленко Ю. П., Хамидова Г. М. — Исследование смешанного струйного водоподогревателя 52

ПЕРЕДОВИКИ ТРУДА

- Инициатива в надежных руках 53
- Ученый — производству 54

ХРОНИКА

- Унифицированное задание проектно-строительным организациям по использованию металлических и железобетонных конструкций зданий в качестве заземляющих устройств 54
- Общие положения о порядке учета и контроля расхода топлива, электрической и тепловой энергии для промышленной, транспортной, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых предприятий и организаций 59
- Научно-практическая конференция по рациональному использованию энергоресурсов в Курганской области 62
- Научно-технический семинар энергетиков промышленных предприятий Латвии 63

использование рассмотренного метода выбора изоляционного материала позволяет определить требуемые удельные пути утечки для каждой опоры линии электропередачи данного района путем измерения удельных остовных сопротивлений загрязнения на демонтированных изоляторах, дало положительные результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Уководящие указания по выбору и эксплуатации изоляторов в районах с загрязненной атмосферой. — НИИ ОРГРЭС, 1975.

2. Application of insulators in a contaminated environment. — IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, 1979, v. PAS-98, № 5.
3. Мерхалев С. Д., Соломонин Е. А. Изоляция линий и подстанций в районах с загрязненной атмосферой. — Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1973.
4. Крон Г., Дорш Г. Координация изоляции электропередачи с величиной перенапряжений промышленной частоты и внутренних перенапряжений при учете снижения прочности изоляции вследствие загрязнения. — В кн.: Перенапряжения и высоковольтная изоляция в электрических системах. Сер. Энергетика за рубежом. М. — Л.: Госэнергоиздат, 1959.
5. Лешунов Р. Т. Выбор изоляции в районах с загрязненной атмосферой. — Экспресс-информация. Сер. Строительство линий электропередачи и подстанций, 1978, № 5. — В надзаг.: Минэнерго СССР.

521.316.35+621.315.1]:534.01.1.001.24

Инженерный расчет наибольших отклонений проводов и гибких шин при коротких замыканиях

ДОЛИН А. П., канд. техн. наук
Московский энергетический институт

и к. з. под действием больших электродинамических нагрузок провода линий электропередачи и гибких шин РУ приходят в колебательное движение. Это может привести к недопустимому сближению (и склестыванию) проводов разных фаз между собой с заземленным оборудованием и, кроме того, к возникновению механических напряжений в материале проводов. В различных работах, например в [Л. 1], рассматривается расчет колебаний проводов, подвешенных на уровне (рис. 1), при к. з. Несмотря на принятые в этих работах значительные допущения, приближенный расчет отклонений проводов при к. з. и после его окончания можно осуществлять только с помощью ЭВМ. Существующие методы ручного расчета угла отклонения [Л. 2] дают удовлетворительные результаты при

продолжительности к. з. меньше четверти периода колебаний провода либо при значениях электродинамических нагрузок, значительно уступающих весу провода. Ниже приведен расчет наибольших углов отклонения проводов при продолжительных к. з. в достаточно широком диапазоне изменений электродинамических сил. Задача сводится к численному решению системы дифференциальных уравнений второго порядка вида [Л. 1]:

$$(Ms^2 + J) \frac{d^2 \beta_k}{dt^2} = -Ps \sin \beta_k + Q_k s \cos \beta_k, \quad (1)$$

где $k=1, 2, 3$ — номера фаз A, B и C ; M — масса провода; s — расстояние от уровня подвески проводов до их центра тяжести; J — момент инерции провода; β_k — угол отклонения провода; t — время; P — вес провода; Q_k — приведенная электродинамическая сила, действующая на k -й провод.

Уравнение (1) получено при следующих допущениях [Л. 1]: провод рассматривается как недеформируемый стержень, шарнирно закрепленный на жестких опорах (см. рис. 1); кривая провисания провода описывается уравнением цепной линии; все силы приложены к центру тяжести провода; под действием внезапно приложенной горизонтальной нагрузки провода совершают маятниковые колебания.

Решения системы уравнения (1) показали, что угловые ускорения центров тяжести проводов $d^2 \beta_k / dt^2$ обращаются в нуль при углах β_k , примерно равных половине максимальных углов отклонения $\beta_{k \max}$. Поэтому для провода каждой фазы справедлива зависимость

$$P \sin \frac{\beta_{k \max}}{2} \approx Q \cos \frac{\beta_{k \max}}{2}. \quad (2)$$

В уравнении (2) и далее индекс k для упрощения записи опущен.

Вес, H , провода,

$$P = mgl = pl, \quad (3)$$

где m — погонная масса недеформированного провода, кг/м; g — ускорение свободного падения, м/с²; l — длина пролета, м; p — вес единицы длины провода, Н/м.

Приведенные электродинамические силы Q принимаются равными результирующим нагрузкам, действующим при к. з. на пролеты длиной l бесконечно длинных прямолинейных проводников [Л. 1]. Расстояния между проводниками равны расстояниям между центрами тяжести отклоненных проводов. Аperiodическая и периодическая временные составляющие электродинамических нагрузок, как подтвердили вычисления, практически не оказывают влияния на наибольший угол отклонения проводов. Поэтому расчетная электродинамическая нагрузка содержит только постоянную составляющую и не зависит от времени. В соответствии с [Л. 3, 4] расчетная результирующая нагрузка, H ,

$$Q = ql = \frac{\alpha l}{a} I_m^2 D, \quad (4)$$

где q — электродинамическая нагрузка на единицу длины прямолинейного проводника, Н/м; $\alpha = 2 \cdot 10^{-7}$ Н/А²; I_m — амплитуда периодической составляющей тока к. з., А; a — расстояние между центрами тяжести проводов (см. рис. 1), м; D — постоянный коэффициент (при двухфазном к. з. равен 0,5).

Расстояние между центрами тяжести проводов при двухфазном к. з. определяется из выражения

$$a = a_0 + 2s \sin \beta, \quad (5)$$

где a_0 — расстояние между фазами до к. з.

Положение центра тяжести цепной линии (рис. 1) приближенно можно найти по формуле

$$s \approx 2f/3,$$

где f — стрела провеса провода.

Таким образом, выражение (2) с учетом формул (3) — (5) приводится к следующему виду:

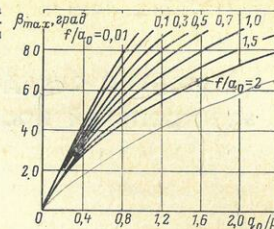
$$\frac{q_0}{p} \operatorname{ctg} \frac{\beta_{\max}}{2} = 1 + \frac{4}{3} \frac{f}{a_0} \sin \frac{\beta_{\max}}{2}, \quad (6)$$

где $q_0 = \frac{\alpha}{a_0} I_m^2 D$ — погонная электродинамическая нагрузка.

В результате решения трансцендентного уравнения (6) на ЭВМ была построена удобная для практических расчетов диаграмма наибольших углов отклонения при двухфазных к. з. в зависимости от отношения q_0/p при различных значениях параметра f/a_0 (рис. 2). Предполагалось, что отключение к. з. происходит после достижения наибольшего угла отклонения проводов.

При к. з. провода отталкиваются, затем, достигнув наибольшего отклонения, начинают сближаться до исходного положения. После отключения к. з. происходят свободные колебания проводов относительно положения устойчивого равновесия. Наибольший размах сво-

Рис. 2. Диаграмма наибольших отклонений проводов при двухфазных к. з.



бодных колебаний будет при отключении к. з. в момент наибольшего отклонения проводов. Анализ полученных результатов показал, что наибольшие углы отклонения проводов при к. з. и после его отключения приближенно можно считать одинаковыми. Поэтому наименьшее расстояние между проводами после отключения к. з. определяется по формуле

$$a_{\min} \approx a_0 - 2f \sin \beta_{\max}.$$

В случае, если после отключения к. з. колеблющиеся провода (или шины) остаются под напряжением, возможны пробой воздушного промежутка a_{\min} и возникновение повторного самоликвидирующегося двухфазного к. з. При наибольшем угле отклонения может произойти также пробой между фазным проводом и заземленным оборудованием.

Порядок расчета наибольших углов отклонения проводов при к. з. рассмотрим на следующем примере. Необходимо определить наибольший угол отклонения проводов марки АСО-150 при двухфазном к. з. Погонная масса провода $m=0,599$ кг/м, стрела его провеса $f=7,5$ м, расстояние между фазами $a_0=5$ м, длина пролета $l=300$ м, амплитуда периодической составляющей тока к. з. $I_m=10$ кА.

Погонный вес провода находим по формуле

$$p = mg = 0,599 \cdot 9,8 = 5,87 \text{ Н/м.}$$

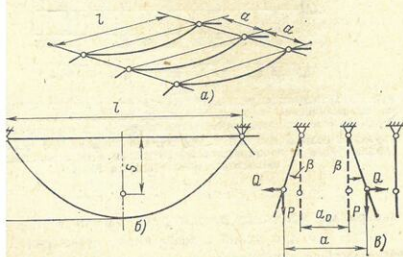
Затем вычисляем электродинамическую нагрузку:

$$q_0 = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 10^2 \cdot 10^8}{5} = 0,5 = 2 \text{ Н/м.}$$

Находим отношения $q_0/p=0,341$ и $f/a_0=1,5$. По диаграмме на рис. 2 определяем наибольший угол отклонения проводов $\beta_{\max}=26^\circ$. Максимальный угол отклонения, вычисленный на ЭВМ по методике, изложенной в [Л. 1], отличается от полученного выше значения менее чем на 5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцев Е. П. К расчету сближения проводов в пролетах линий электропередачи при коротких замыканиях. — Изв. вузов. Энергетика, 1973, № 3.
2. Семчинов А. М. Токпроводы промышленных предприятий. — Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1972.
3. Кудрявцев Е. П., Долин А. П. Методика расчета электродинамической стойкости токопроводов напряжением 110 кВ и выше с учетом податливости опор. — Электричество, 1977, № 5.
4. Электрическая часть станций и подстанций/Под ред. А. А. Васильева. — М.: Энергия, 1980.

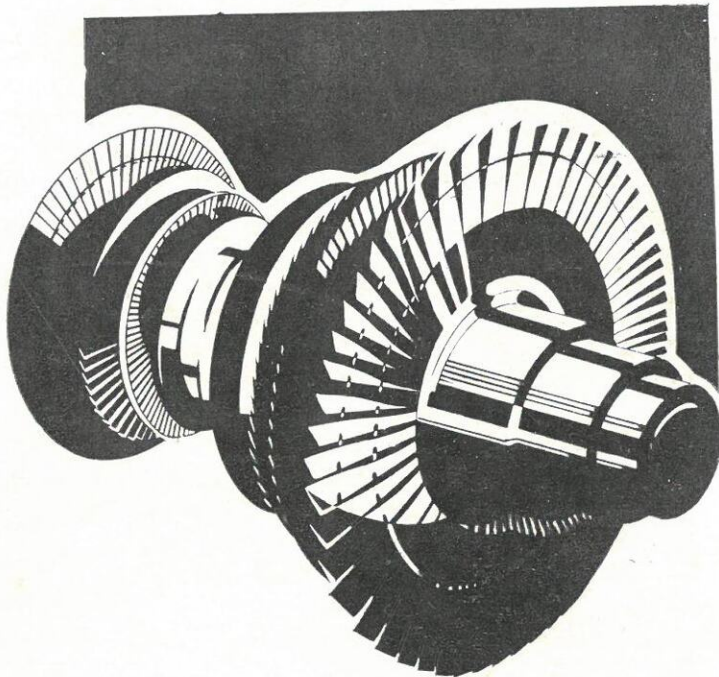


1. Трехфазная система проводов, подвешенных на одном уровне. а — взаимное расположение проводов; б — провисание провода; в — отклонение проводов при к. з.

Цена 60 к.

SMALL -- SIZE STEAM TURBINES OF 2,5 TO 25 MW

MULTIPLE-DUTY, MANEUVERABLE, EASY-TO-CONTROL,
ADJUSTABLE TO FLUCTUATIONS IN STEAM AND ELECTRIC
ENERGY DEMAND, COMPACT AND SIMPLE IN DESIGN



- **condensing, of PR-type**, with two controlled (process and heating) steam bleed-offs, of 25 and 12 MW;
- **condensing, of P-type**, with a single (process) controlled steam bleed-off, of 6 MW;
- **counterpressure, of PR-type**, with controlled process steam bleed-off, of 12 and 6 MW;
- **counterpressure, of R-type**, without steam bleed-off, of 12, 6, 4 and 2,5 MW;
- **drive, of OR- and OK-type**, for driving feed pumps of 300, 500, 800 and 1200 MW power units.

All the parts and assemblies of PT, P, PR, R, OR and OK turbines are manufactured under a flaw-detecting system which guarantees obligatory checking of individual parts and assembled units after each operation, including hydraulic and rig trials of the assembled turbine plant.

Assistance is offered in the mounting, adjustment and start-up of turbine plants, in establishing and running the technical servicing; personnel is trained.



ENERGOMACHEXPORT

Ul. Deguninskaya 1, korp. 4
127486 Moscow
U S S R
Tel. 487-31-82
Telex 411965 ENEK SU

Промышленная энергетика, 1982, № 5, 1—64.

Инде
7073

ЭНЕРГОИЗДАТ

