

ISSN 0201-4564

# Э л ек т ри ч ес к и е С т ан ц и и

---

«ЭНЕРГИЯ» 1980 1



Журналу „Электрические станции” — 50 лет

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Орган Министерства энергетики и электрификации СССР  
и Центрального правления  
Научно-технического общества энергетики  
и электротехнической промышленности

1980

МОСКВА, «ЭНЕРГИЯ»

1

ЯНВАРЬ

ОСНОВАН В 1930 ГОДУ

С Новым годом, дорогие товарищи!

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |  |    |
|--|----|--|----|
| ПРИВЕТСТВИЕ МИНИСТРА ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР В СВЯЗИ С 50-ЛЕТИЕМ ЖУРНАЛА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»  | 2  | Алак Х. М., Хаусманн Р. Ю. — Автоматизация учета функционирования устройств релейной защиты и автоматики   | 60 |
| ПРИВЕТСТВИЕ ПРЕЗИДИУМА ЦП НТО ЭИЭП В СВЯЗИ С 50-ЛЕТИЕМ ЖУРНАЛА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»   | 3  | Керимов А. М., Гурфинкель Е. Б. — Особенности защиты заземляющих устройств от разрушения буждающими токами   | 62 |
| Журналу «Электрические станции» — 50 лет   | 4  | Иноземцев Е. К. — Ремонтопригодность мощных электродвигателей блочных электростанций   | 64 |
| Флаксерман Ю. И. — Журнал «Электрические станции» на пороге второй половины своего столетия  | 9  |  |    |
| ***  |    |  |    |
| Энергетика в 1979 г. и задачи на завершающий год пятилетки   | 12 | ОБМЕН ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ОПЫТОМ  |    |
| Великов В. А. — Развитие электроэнергетики и высшего электроэнергетического образования  | 15 | Дименко В. И., Блюмина Э. Ю., Вольский А. Ф., Коваленко В. П., Павличенко Н. Д., Бадей В. В. — Опыт реконструкции теплоэлектростанции в отопительную котельную на твердом топливе  | 67 |
|  |    | Богодурова В. В., Белоусов В. Г., Петер Н. Н., Бенидиктов А. В. — Перевод одной из турбин ГРЭС на пониженное противодавление   | 70 |
| ***  |    |  |    |
| АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ   |    |  |    |
| Самсонов В. С., Хаймов Г. М. — Эффективность АЭС при ежегодной разгрузке   | 19 | ХРОНИКА СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА ГОЭЛРО   | 72 |
| Плавский Г. И., Синица И. Т., Фомко Л. С., Чистый А. Н. — Особенности предпусковых химических очисток оборудования энергоблоков 300 МВт                                    | 22 | ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  |    |
| Бараненко В. Д., Лисовой В. Г., Чакрыгин В. Г. — Температурный режим пароперегревателей головного котла П-57 энергоблока 500 МВт   | 25 | Белинский С. Я. — К 50-летию первого Всесоюзного съезда по теплотехнике  | 72 |
| Суркова А. Ф., Зубарева Б. П., Цыганов С. М., Васильев М. А. — Работа парогенерирующих поверхностей нагрева котла ПК-39 после реконструкции                                | 28 | ХРОНИКА  |    |
| Иванов Е. Н., Глазманн А. И. — Консервация прямоточных котлоагрегатов типа ПК-39 при остановке   | 32 | В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРАВЛЕНИИ НТО ЭИЭП   |    |
| Похорилов В. Л., Палай В. А., Золотарев А. А., Иoffee В. Ю., Камаков С. И., Махортов В. П., Фискинд Э. Э. — Из опыта наладки и испытаний головной турбины К-600-240-2 ХИТЗ | 36 | Райфельд О. Ф., Уткин Б. М. — Семинар по организации эксплуатации теплоэнерго-транспортного хозяйства на электростанциях Казахстана  | 74 |
| Щербин В. И., Кернога Н. П. — Автоматизированный анализ состояния проточной части турбины энергоблоков   | 40 | В ГЛАВТЕХУПРАВЛЕНИИ МИНЭНЕРГО СССР   |    |
| Кулаковский В. Б., Нецесковский А. Б., Самородов Ю. И., Элякин Ю. М. — Причины, признаки и развитие начальных дефектов гидрогенераторов                                    | 43 | Об изменении требований «Руководящих указаний по выбору и эксплуатации изоляции в районах с загрязненной атмосферой» (ГМ-74) по выбору уровней изоляции ВЛ и ОРУ, расположенных в зоне уносов предприятий азотной промышленности | 75 |
| Букреев Л. Ф. — Режимы работы ударного генератора при схеме соединения обмоток статора в зигзаг  | 49 | О реконструкции крепления крышек шесточного аппарата турбогенераторов серий ТВВ, ТВФ и ТВМ, предотвращающей возможности касания роторными замык токоведущих частей   | 76 |
| Кудрявцев Е. П., Долин А. П. — Электродинамическая стойкость жесткой осинки при напряжении 110 кВ и выше   | 52 | О предупреждении отказов переключающих устройств трансформаторов РС-3 и РС-4 производства Народной Республики Болгарии   | 76 |
| Александров Г. Н., Кашина В. А., Лисочкина Т. В., Подпоркин Г. В. — Измерения напряженности электрического поля под ВЛ 750 кВ в зоне фруктового сада                       | 55 | Правила оформления рукописи статьи   | 76 |
| Алексеев В. Г., Дунайцев С. Г., Зячкерман М. Х., Ильин В. П. — Исследование режимов работы трансформаторов напряжения контроля изоляции в сетях 6–10 кВ                    | 56 | Н а о б л о ж к е — Чернобыльская АЭС  | 79 |



равно устроению значению соответствующего сопротивления  $X''_a$ , а величина постоянных времени переходного и переходного процессов по продольной оси в данном случае не зависит от схемы соединения обмоток статора.

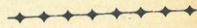
3. Установлено, что при схеме соединения обмоток статора зигзаг обеспечивается устойчивая параллельная работа УГ в режимах х. х. и внезапных к. з.

4. Впервые в отечественной практике проведены испытания выключателя на коммутационную способность от двух параллельно работающих УГ, обмотки статоров которых соединены по схеме зигзаг.

5. Получены выражения для расчета токов к. з. от УГ со схемой обмоток статора зигзаг.

#### Список литературы

1. Шанин Н. В., Филистович В. М. Зарубежные лаборатории больших мощностей. М.: Информэнерго, 1974, ч. 1.
2. Букреев Л. Ф., Шанин Н. В. Основные характеристики и параметры ударных генераторов типа ТИ-100-2. — Электротехника, 1970, № 1.
3. Яблоко С. Современные лаборатории разрывных мощностей. М.: Центральный институт научно-технической информации электротехнической промышленности и приборостроения, 1962.
4. Устьянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. М.—Л.: Энергия, 1964.



УДК [621.316.35+621.315.623]:016.352.001.24

## Электродинамическая стойкость жесткой ошиновки напряжением 110 кВ и выше

Е. П. КУДРЯВЦЕВ, А. П. ДОЛИН, кандидаты техн. наук  
Московский энергетический институт

В последние годы в СССР и за рубежом в распределительных устройствах напряжением 110 кВ и выше все шире внедряется жесткая ошиновка. Опоры-изоляторы в этих РУ можно рассматривать как упруго податливые опоры. Способы соединения шин на опорах различны. При достаточной жесткости шин на опорах можно считать неразрывно соединенными шину в целом можно считать неразрывной балкой. Расчет электродинамической стойкости неразрезных шин на упругих опорах изложен в [Л. 1—3]. Недостаточно жесткие соединения изоляторов и шин требуют использования иной расчетной схемы.

На рис. 1 изображен эскиз жесткой ошиновки на унифицированных конструкциях распределительно-го устройства напряжением 110 кВ (предложенной Энергосетьпроектом), одной из особенностей которой является способ соединения пролетов шин. С одной стороны круглая шина крепится к опорно-изолятору с помощью бандажного кольца, жестко охватывающего ее конец. Электрическое соединение с шиной следующего пролета осуществляется нежесткой связью, роль которой выполняет, как правило, компенсатор тепловых расширений. На другом конце пролета шинодержатель неплотно охватывает шину, присоединенную к компенсатору тепловых расширений. Здесь компенсатор выполняет свои основные функции. Несмотря на некоторые различия в способах закрепления концов шин на различных изоляторах, оба соединения можно считать близкими к шарнирным. Бетонные стойки и полки, на которых установлены изоляторы, можно считать абсолютно жесткими.

В этом случае шинную конструкцию можно представить как совокупность идентичных между собой балок, шарнирно опертых на упруго податливые опоры-изоляторы.

В настоящей статье рассматривается расчет электродинамической стойкости шинных конструкций с упруго податливыми опорами при шарнирном

соединении пролетов шин. Предлагается инженерная методика их расчета.

При одинаковых расстояниях между изоляторами для расчета шинной конструкции достаточно рассмотреть лишь один пролет (рис. 2).

Колебания шины в любой из ее главных плоскостей инерции описываются дифференциальным уравнением [Л. 4]

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{EI}{m} \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = \frac{q}{m}, \quad (1)$$

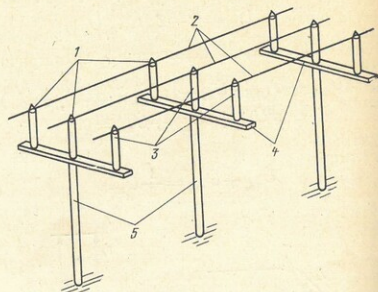


Рис. 1. Шинная конструкция напряжением 110 кВ.  
1 — компенсаторы; 2 — шины; 3 — изоляторы; 4 — полки; 5 — колонны.

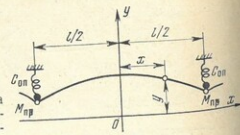


Рис. 2. Расчетная схема пролета шины с шарнирным опиранием на упруго податливые опоры.

где  $y$  — прогиб шины, м;  $t$  — время с момента возникновения к. з., с;  $E$  — модуль упругости материала шины, Па;  $J$  — момент инерции шины, м<sup>4</sup>;  $m$  — масса шины на единицу длины, кг/м;  $q$  — электродинамическая нагрузка, Н/м. Значения нагрузок  $q$  приведены, например, в [Л. 5].

Полным решением уравнения (1) будет сумма его частного решения  $\bar{y}$  и полного решения однородного уравнения  $\bar{y}$

$$y = \bar{y} + \bar{y}. \quad (2)$$

Частное решение  $\bar{y}$  при электродинамических нагрузках от токов к. з. может быть найдено в виде суммы шести слагаемых [Л. 2, 3]

$$\bar{y}(x, t) = \sum_{n=1}^6 \sum_{s=1}^2 \bar{Y}_{ns}(x) e^{i[\beta_n - (-1)^s \gamma_n] t}, \quad (3)$$

где  $\beta_n$  и  $\gamma_n$  — постоянные коэффициенты, выражающиеся через параметры электродинамической нагрузки [Л. 3]. Функции  $\bar{Y}_{ns}$  являются решениями обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами

$$\frac{d^4 \bar{Y}_{ns}}{dx^4} + \frac{m}{EI} [\beta_n - (-1)^s \gamma_n] \bar{Y}_{ns} = U_{ns} \quad (n=1, 2, \dots, 6), \quad (4)$$

которые получают подстановкой уравнения (3) в формулу (1). Решения уравнений (4) должны удовлетворять условиям шарнирного опирания шин на изоляторы. При  $x = \pm L/2$  ( $L$  — длина пролета шины)

$$\frac{\partial \bar{y}}{\partial x} = 0; \quad (5a)$$

$$2EI \frac{\partial^2 \bar{y}}{\partial x^2} - C_{оп} \bar{y} - M_{пр} \frac{\partial^2 \bar{y}}{\partial t^2} = 0. \quad (5b)$$

Условие (5a) требует обращения в нуль изгибающего момента в опорном сечении шины, условие (5b) является уравнением равновесия сил, действующих в узле крепления шины к изолятору. Приведенную массу изоляторов (опоры)  $M_{пр}$  приближенно можно оценить по одной из двух формул [Л. 3]

$$M_{пр} = \frac{C_{оп}}{(2\pi f_{оп})^2}; \quad (6a)$$

$$M_{пр} \approx M_{из} \left( \frac{H}{H_{ц.т.из}} \right)^2, \quad (6b)$$

где  $C_{оп}$  — жесткость опоры, Н/м;  $f_{оп}$  — собственная частота опоры, Гц;  $M_{из}$  — масса изолятора, кг;  $H$  и  $H_{ц.т.из}$  — расстояния от основания изолятора до центра тяжести поперечного сечения шины и центра тяжести изолятора.

Жесткость опоры (изолятора) определяется экспериментально, собственная частота ее колебаний определяется путем испытаний или находится приближенно аналитически. Например, для изоляторов типа АКО-110 при высокой степени затяжки крепежных болтов экспериментально полученные жесткость и частота  $C_{оп} \approx 1,0 \div 1,2$  кН/мм,  $f_{оп} = 25 \div 28$  Гц.

Полное решение  $y$  однородного уравнения удобно искать в виде ряда по собственным функциям

$$\bar{y}(x, t) = \sum_{n=1}^6 \sum_{k=1, 3, 5} X_k(x) (L_{nk} \sin \Omega_k t + N_{nk} \cos \Omega_k t), \quad (7)$$

#### Собственные функции

$$X_k = \frac{\text{ch } \frac{r_k x}{2} + \cos \frac{r_k x}{2}}{\text{sh } \frac{r_k}{2} + \sin \frac{r_k}{2}}. \quad (8)$$

Они удовлетворяют условиям шарнирного опирания шин на изоляторы. Параметры собственных частот являются корнями трансцендентного уравнения

$$\left( \text{th } \frac{r_k}{2} + \text{tg } \frac{r_k}{2} \right) r_k^4 - \left( \frac{C_{оп}}{EI} r_k^4 - \frac{M_{пр}}{ml} r_k^4 \right) = 0. \quad (9)$$

Параметры  $r_k$  связаны с частотами собственных колебаний соотношением

$$\Omega_k = 2\pi f_k = \frac{r_k^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}. \quad (10)$$

Постоянные  $L_{nk}$  и  $N_{nk}$  определяются из начальных условий

$$y|_{t=0} = 0; \quad \frac{\partial y}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0. \quad (11)$$

Нагрузки на изоляторы и наибольшие изгибные напряжения в материале шин

$$R(t) = C_{оп} y(L/2, t); \quad \sigma(x, t) = \frac{EI}{W} \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2}, \quad (12)$$

где  $W$  — момент сопротивления поперечного сечения шины при изгибе, м<sup>3</sup>.

Численные результаты по сформулированному решению задачи о колебаниях шарнирно опертых на изоляторы шин при к. з. могут быть получены только при использовании ЭВМ. Решение зависит от большого числа параметров шинной конструкции (размеров, жесткости, масс шин и опор, параметров токов к. з.). Составление достаточно универсальных расчетных графиков, номограмм для использования их в практике проектирования поэтому затруднено.

Используем найденное точное решение для получения инженерного метода расчета, не требующего вычислений на ЭВМ. В качестве расчетной модели возьмем упругую систему с одной степенью свободы [Л. 1, 3]. Ее движение описывается уравнением

$$m_{пр} \frac{d^2 y_{пр}}{dt^2} + C_{пр} y_{пр} = F_{пр}, \quad (13)$$

где  $m_{пр}$ ,  $y_{пр}$ ,  $C_{пр}$  и  $F_{пр}$  — соответственно приведенные масса, кг, прогиб, м, жесткость, Н/м, и электродинамическая сила, Н. Потребуем, чтобы решения уравнений (1) и (13) были бы близкими. Расчеты показывают, что этого можно достичь, выбирая приведенные параметры расчетной схемы с одной степенью свободы так, чтобы были выполнены условия

$$F_{пр} = qL; \quad (14a)$$

$$\frac{1}{C_{пр}} = \frac{1}{C_{оп}} + \frac{1}{C_{пр.м}}; \quad (14b)$$

$$f_{пр} = f_1, \quad (14v)$$

где  $C_{пр.м} = 384 EI/5l^3$ ,  $f_1$  — собственная частота расчетной схемы с одной степенью свободы ( $2\pi f_{пр} = \sqrt{C_{пр}/m_{пр}}$ ). Расчетная схема, таким образом, должна иметь собственную частоту колебаний, равную первой собственной частоте шинной конструкции [условие (14v)]. Податливость шинной конструкции и расчетной схемы должны быть одинаковыми.



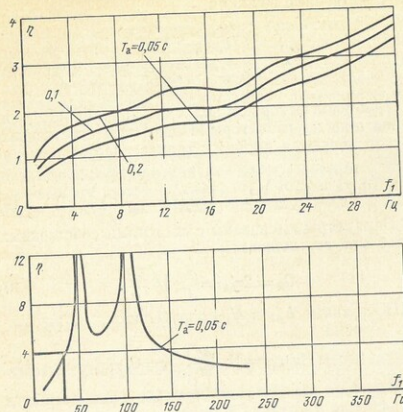


Рис. 3. Кривые зависимости коэффициентов максимальных нагрузок и напряжений от первой собственной частоты колебания шинной конструкции.

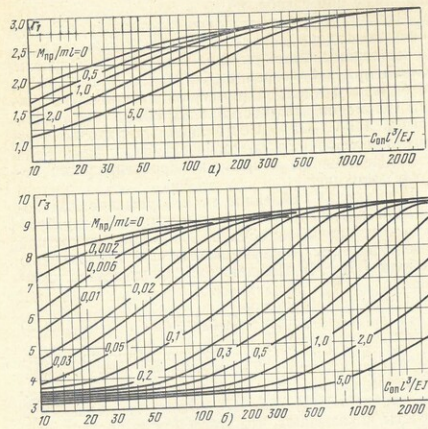


Рис. 4. Параметры  $r_1$  и  $r_3$  первой и третьей частот собственных колебаний шинной конструкции при шарнирном опирании шин на упругие опоры.

наковы [условие (146)], т. е. при одинаковых статических нагрузках прогибы  $y_{пр}$  расчетной схемы и прогибы шины в середине пролета должны быть одинаковыми. Решение уравнения (13) позволяет найти нагрузки на изоляторы  $R$  и напряжения в шинах в середине пролета  $\sigma$

$$R(t) = C_{оп} y_{оп}(t); \quad (15a)$$

$$\sigma(t) = \frac{M(t)}{W} = \frac{C_{пр} \cdot \omega^2}{8W} y_{м}(t), \quad (15б)$$

где  $M$  — изгибающий момент, Н.м. Максимальные

нагрузки на изоляторы и напряжения в материале шины оказываются возможным представить в виде

$$R_{\max} = \frac{\alpha l}{a} I_m^2 \eta; \quad \sigma_{\max} = \frac{\alpha l^2}{8aW} I_m^2 \eta, \quad (16)$$

где  $\alpha = 2 \cdot 10^{-7}$  Н/А<sup>2</sup>;  $a$  — расстояние между шинами, м;  $I_m$  — амплитуда периодической составляющей тока к.з. А. Входящий в формулы (16) коэффициент максимальных нагрузок и напряжений  $\eta$  (в [Л. 3] он назван динамическим коэффициентом) для каждого вида к.з. и взаимного расположения шин является функцией лишь частоты  $f_1$  и постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока к.з.  $T_a$ . Для него можно построить расчетные графики. На рис. 3 изображены графики коэффициентов максимальных нагрузок и напряжений при трехфазном к.з. для параллельных шин, расположенных в одной плоскости при трех значениях постоянных времени  $T_a$ . Вычисления производились на машине БЭСМ-4. Графики (рис. 3) являются огибающими кривых  $\eta$  для средней и крайних фаз.

Значения  $f_1$  можно найти в соответствии с условием (10). Параметр частоты  $r_1$ , входящий в это выражение, определяется из решения трансцендентного уравнения (9). Первый  $r_1$  и третий  $r_3$  параметры частоты в зависимости от  $C_{оп}^2/EI$  при различных значениях  $M_{пр}/ml$  приведены на рис. 4. Вычисление этих параметров проводилось на ЭВМ БЭСМ-4.

Методика инженерного расчета на электродинамическую стойкость сводится в итоге к вычислениям нагрузок на опоры и напряжений в шинах по формулам (16) и сопоставлению их с допускаемыми величинами. Необходимые значения  $\eta$  и  $r_1$  определяются по графикам (рис. 3 и 4). В ряде случаев бывает целесообразно оценить величину третьей собственной частоты конструкции  $f_3$ , чтобы убедиться в отсутствии резонанса этой формы колебаний. Целесообразно, чтобы значение  $f_3$  было достаточно далеко от 50 и 100 Гц. На рис. 4 приведены параметры частот  $r_3$ , необходимые для вычисления частоты  $f_3$  по формуле (10).

Коэффициент максимальной нагрузки и напряжения  $\eta$  не зависит от способа закрепления шин к изоляторам и для конструкций с жестким и шарнирным закреплением при одинаковых  $f_1$  и  $T_a$  он будет одним и тем же. Это придает расчетной схеме с одной степенью свободы значительную универсальность.

**Пример.** Определить максимальные нагрузки на изоляторы и напряжения в материале шин жесткой ошиновки распределительного устройства напряжением 110 кВ.

**Исходные данные.** Шины кольцевого сечения, внешний диаметр  $D=100$  мм, внутренний  $d=90$  мм, погонная масса  $m=4,15$  кг/м, модуль упругости материала  $E=7 \cdot 10^{10}$  Па, длина пролета шины  $l=7$  м, расстояние между фазами  $a=1,4$  м, жесткость опорных изоляторов  $C_{оп}=0,55$  кН/мм, частота их собственных колебаний  $f_{0ш}=18$  Гц, амплитуда периодической составляющей тока к.з.  $I_m=45$  кА, постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока к.з.  $T_a=0,1$  с.

Определяем момент инерции и момент сопротивления шины

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} = \frac{\pi(0,1^4 - 0,09^4)}{64} = 16,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4;$$

$$W = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32D} = 33,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

По формуле (6a) вычисляем приведенную массу опоры

$$M_{пр} = \frac{0,55 \cdot 10^6}{(2\pi \cdot 18)^2} = 43 \text{ кг}.$$

Определяем параметры шинной конструкции

$$C_{оп}^2/EI = \frac{0,55 \cdot 10^6 \cdot 7^3}{7 \cdot 10^{10} \cdot 16,9 \cdot 10^{-7}} = 1594;$$

$$M_{пр}/ml = \frac{43}{4,15 \cdot 7} = 1,48.$$

По кривым (рис. 4) находим параметры первой и третьей частот собственных колебаний  $r_1=2,95$  и  $r_3=5,8$ . Согласно уравнению (10) вычисляем первую и третью частоты собственных колебаний шинной конструкции

$$f_1 = \frac{2,95^2}{2\pi \cdot 7^3} \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{10} \cdot 16,9 \cdot 10^{-7}}{4,15}} = 4,77 \text{ Гц}.$$

аналогично  $f_3=18,4$  Гц.

Собственная частота третьей формы весьма далека от опасных резонансных частот 50 и 100 Гц. Таким образом, коэффициент максимальных нагрузок и напряжений определяем по кривым (рис. 3) в зависимости от частоты  $f_1$ . При заданном значении постоянной времени  $T_a$  коэффициент  $\eta=1,5$ . Исходя из значения максимальных нагрузок на изоляторы и максимальных напряжений в материале шин определяем по формулам (16)

$$R_{\max} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 7}{1,4} 45^2 \cdot 10^6 \cdot 1,5 = 3040 \text{ Н};$$

УДК 621.315.1.027.875:621.317.328

## Измерения напряженности электрического поля под ВЛ 750 кВ в зоне фруктового сада

Г. Н. АЛЕКСАНДРОВ, доктор техн. наук, В. А. КАШИНА, инж., Т. В. ЛИСОЧКИНА, канд. эконом. наук, Г. В. ПОДПОРКИН, канд. техн. наук

или

Строительство электрических сетей напряжением 750 кВ, намечаемое сооружение линии электропередачи 1150 кВ и перспективы дальнейшего повышения номинальных напряжений воздушных линий определяют необходимость изучения условий их сосуществования с живыми организмами. В последние годы указанной проблеме уделяется большое внимание, что нашло отражение в ряде публикаций.

Одним из средств, обеспечивающих экологическую безопасность ВЛ, является использование экранирующего влияния растительного массива, позволяющего в зависимости от его высоты и плотности существенно ограничить напряженность электрического поля под проводами линий электропередачи [Л. 1, 2].

Так, в [Л. 1] показано, что напряженность электрического поля в междурядьях фруктового сада, размещенного под проводами ВЛ 330 кВ системы Донбассэнерго, не превышает 3 кВ/м, т. е. в 2,5–3 раза меньше, чем при отсутствии растительного массива. Там же, в ОЭС Юга, в ведении Днепропетровского предприятия высоковольтных электрических сетей находится участок ВЛ 750 кВ Донбасс — Днепр, проходящий над яблоневым садом. Средняя высота деревьев равна 4–5 м, диаметр кроны 5–7 м, расстояние между яблонями 8 м. Схема расположения деревьев в той части

Изложенная методика расчета параметров частот собственных колебаний шинных конструкций, а также электродинамической стойкости изоляторов и шин на основе решения задачи о колебании системы с одной степенью свободы пригодна для широкого класса шинных конструкций напряжением как выше, так и ниже 110 кВ.

### Список литературы

1. Кудрявцев Е. П. К методике оценки электродинамической стойкости токопроводов. — Труды МЭИ, 1975, вып. 274.
2. Кудрявцев Е. П., Долин А. П. К выбору расчетной схемы для оценки электродинамической стойкости токопроводов. — Труды МЭИ, 1976, вып. 307.
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. Прочность, устойчивость, колебания / Справочник под ред. И. А. Биргера, Я. Г. Панова. М.: Машиностроение, 1968, т. 3.
5. Васильев А. А. Электродинамическая часть станций и подстанций. М.—Л.: Госэнергоиздат, 1963, ч. 1.

сада, где производились измерения напряженности поля, и фаз проводов ВЛ 750 кВ дана на рис. 1. Напряженность электрического поля измерялась в междурядьях сада в сечениях  $O-M$  и  $O'-M'$  на

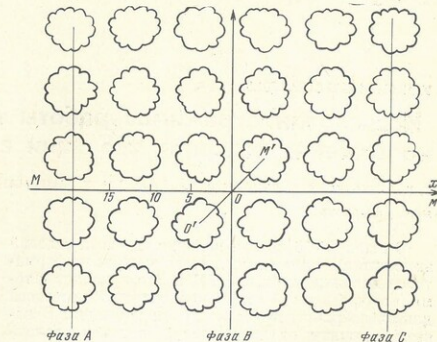


Рис. 1. Схема расположения деревьев фруктового сада под проводами ВЛ 750 кВ Донбасс — Днепр.



## **Вниманию руководителей организаций и предприятий!**

**Издательство «Энергия» выпускает многокрасочные плакаты.**

**1. ПО ОХРАНЕ ТРУДА** при эксплуатации электрооборудования и теплоэнергетических установок по следующим разделам:

Электрическая часть станций и подстанций  
Воздушные и кабельные электрические сети  
Электроустановки сельскохозяйственных предприятий  
Электроустановки промышленных предприятий  
Защитные средства и предохранительные приспособления  
Промышленная теплоэнергетика  
Топливо-транспортные цехи  
Электротехническая промышленность  
Строительно-монтажные работы  
Электрическая и газовая сварка  
Бытовые электроустановки  
Оказание первой помощи

Плакаты разрабатываются в соответствии с действующими правилами техники безопасности и иллюстрируют их основные положения.

**2. ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**, призывающие экономить электроэнергию, топливо и показывающие средства их рационального расходования.

Для приобретения плакатов следует оформить бланк-заказ, который высылается издательством по запросам бесплатно.

Обращаться по адресу:  
**113114, Москва, Шлюзовая набережная, 10, издательство «Энергия»,  
отдел распространения.**

Справки по телефону: 235-39-27.

**Просим ускорить оформление заказов.**

Издательство