

6
А. 60

Министерство связи СССР

МОСКОВСКИЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ

На правах рукописи

А.З. ГОМОН

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ
КАБЕЛЕЙ ДАЛЬНОЙ СВЯЗИ С КОРДЕЛЬНО-
ТРУБЧАТОЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ,
ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК

(303 - сети и каналы связи)

Автореферат

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук.

Москва-1970 г.

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ СССР

МОСКОВСКИЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
СВЯЗИ

На правах рукописи

А. З. ГОМОН

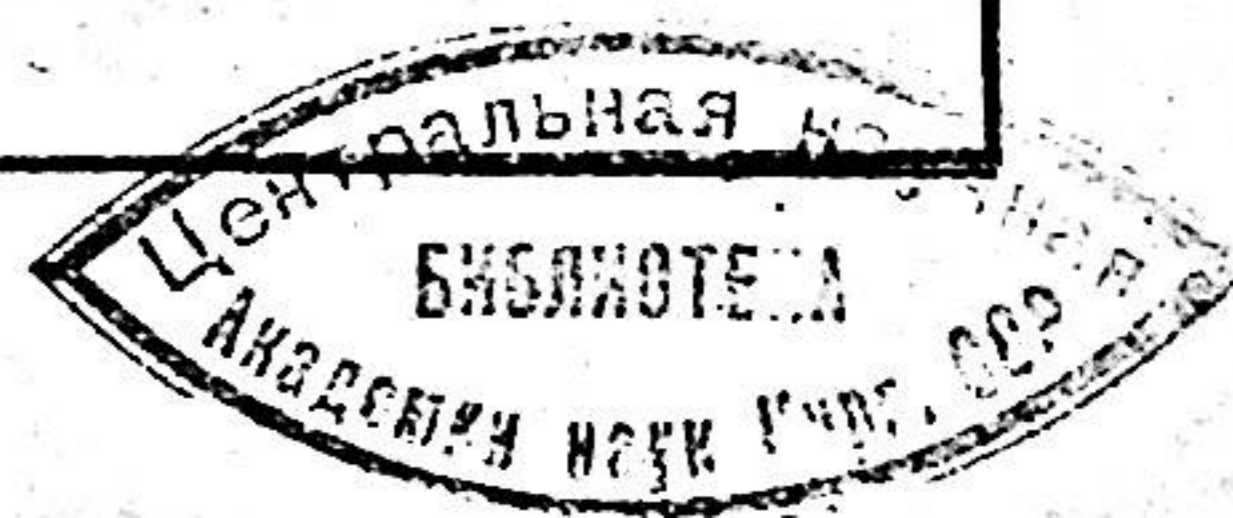
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ
КАБЕЛЕЙ ДАЛЬНОЙ СВЯЗИ С КОРДЕЛЬНО-
ТРУБЧАТОЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ,
ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК

(303 - сети и каналы связи)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук.

Москва - 1970 г.



РАБОТА ВЫПОЛНЕНА НА БЕРДЯНСКОМ КАБЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ "АЗОВКАБЕЛЬ"

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор

И.И. ГРОДНЕВ

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор
кандидат технических наук

В.Н. КУЛЕШОВ и
В.А. ХУДЯКОВА

Ведущее предприятие:

ЦНИИ М.П.С.

Автореферат разослан 26 декабря 1970 г.

Защита диссертации
состоится на засе-
дании Совета факуль-
тетов МЭС и АЭС

25 февраля 1971 г.

Ваши отзывы и замечания в двух экземплярах просим на-
править по адресу: Москва Е-24, Авиамоторная 8.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке инсти-
тута.

Учёный секретарь Совета

М.В. Бай (БАЕВА Н.Н.)

3.

Решения Партии и Правительства предусматривают значитель-
ное развитие средств связи, в частности, расширение производ-
ства магистральных высокочастотных кабелей.

До последнего времени единственным видом симметричного
кабеля, обеспечивающим уплотнение его цепей в спектре частот
до 252 кгц, был кабель с кордельно-полистирольной изоляцией
типа МКС. Ограниченное производство в стране полистирольной
нити (корда) и ленты, а также недостаточно высокая техноло-
гичность и производительность операций при изолировании жил
полистиролом потребовали создания конструкций высокочастот-
ных симметричных кабелей с другими видами изоляции, не усту-
пающих по характеристикам кабелю типа МКС.

Особый интерес в качестве изоляционного материала для
высокочастотных кабелей представляет полиэтилен. Широкая
доступность полиэтилена благодаря простоте его производст-
ва и дешевизне, отличительные диэлектрические свойства в
широком спектре частот, высокая производительность процес-
сов при изолировании жил полиэтиленом являются решающими
факторами для применения его в кабельном производстве.
Ограниченное применение полиэтилена для изготовления высо-
кочастотных симметричных кабелей объясняется значительной
сминаемостью воздушно-полиэтиленовой изоляции, препятству-
ющей достижению стабильно высоких электрических характе-
ристик, в первую очередь защищенности цепей от взаимных
влияний.

Разработанные Бердянским отделением ВНИИКП и заводом "Азов-
кабель" технологические процессы изготовления ориентированного
термостабилизированного корделя и изолирования жил позволили

создать конструкцию кабеля с недеформируемой кордельно-трубчатой полиэтиленовой изоляцией.

Специфика технологических процессов изготовления такого кабеля потребовала особых решений по обеспечению высокой защищенности цепей от взаимных влияний, по уменьшению систематических связей.

Уменьшение диаметра токопроводящих жил и диаметра четверки в сравнении с соответствующими размерами кабеля с кордельно-полистирольной изоляцией (типа МКС) с целью создания экономичной конструкции потребовало исследования и расчета параметров передачи цепей.

Основной целью проводимых работ было: создание на основе полиэтилена высокочастотного симметричного кабеля для систем К-60, обладающего высокой защищенностью цепей от взаимных влияний и характеристиками передачи, аналогичными кабелю с кордельно-полистирольной изоляцией; исследование характеристик кабеля и установление влияния технологических процессов и допусков на характеристики кабеля.

В процессе выполнения этих работ необходимо было решить следующие основные задачи:

1. Исследовать параметры передачи симметричных кабелей различных типов, уточнить некоторые формулы для их расчета.
2. Исследовать причины характерных аномально высоких влияний между цепями симметричных кабелей и наметить пути устранения этих влияний.
3. Исследовать влияние некоторых технологических процессов на параметры передачи и защищенность цепей от взаимных влияний; разработать методы повышения защищенности цепей в процессе производства кабеля.

4. Разработать, исследовать и выбрать экономичную, надежную в эксплуатации конструкцию высокочастотного симметричного кабеля для электрифицированных железных дорог, обладающего высокими электрическими характеристиками; разработать технологические процессы серийного изготовления такого кабеля.

В первой главе рассмотрены конструктивные особенности кабеля с кордельно-трубчатой полиэтиленовой изоляцией.

Проведенные исследования и выполненные на ЭВМ расчеты коэффициента затухания при различных диаметрах жил и разных отношениях диаметра изолированной жилы к диаметру токопроводящей жилы позволили выбрать конструкцию кабеля типа МКПАБ с диаметром четверки $d_2 = 6,7$ мм и диаметром жилы $d_0 = 1,05$ мм вместо соответственно диаметров 7,2 мм и 1,2 мм, принятых в кабелях типа МКС.

Это позволило значительно уменьшить расход меди (на 30%) и других материалов. Рост коэффициента затухания цепей кабеля типа МКПАБ 7x4x1,05 в сравнении с кабелем типа МКСА 7x4x1,2 составил 3% (в диапазоне высоких частот).

Незначительный рост коэффициента затухания при переходе с жилы диаметром $d_0 = 1,2$ к жиле $d_0 = 1,05$ мм объясняется тем, что при выбранной оптимальной конструкции четверки в связи с увеличением величины $\lambda a/z_0$ уменьшилась рабочая емкость, увеличилась индуктивность цепей, увеличилась реакция экрана на основное поле. Перечисленные факторы позволили почти полностью компенсировать увеличение коэффициента затухания цепей, определяемого ростом активного сопротивления жил диаметром 1,05 мм вместо 1,2 мм (на 10% при частоте 250 кгц).

Целесообразность уменьшения диаметра токопроводящих жил определяется также тем, что при одинаковой конструкции всех четве-

рок кабеля типа МКПАБ только 40-60% четверок используется для уплотнения системами К-60, остальные используются как низкочастотные цепи, в которых применение жил диаметром 1,2 мм неоправдано.

Для изолирования жил кабеля типа МКПАБ применяются ориентированный термостабилизированный полиэтиленовый кордель диаметром 0,65 мм. Изготовленный по специально разработанной технологии такой кордель имеет повышенную механическую прочность при растяжении и сжатии и высокую стабильность диаметра: 90% измеренных значений - не более $0,65 \pm 0,02$ мм.

Поверх корделя выпрессовывается тонкостенная полиэтиленовая трубка толщиной 0,23 мм.

Такая изоляция обеспечивает недеформируемость жил и стабильности электрических характеристик.

Кордельно-трубчатая полиэтиленовая изоляция имеет некоторые преимущества в сравнении с кордельно-полистирольной и кордельно-бумажной:

- более высокую электрическую прочность,
- радиальную герметичность,
- высокую производительность технологических процессов.

Высокая электрическая прочность кордельно-трубчатой полиэтиленовой изоляции (более 3 кв переменного тока) определяет возможность повышения напряжения дистанционного питания и высокую защищенность цепей от пробоя при наведении на оболочке кабеля значительных ЭДС.

Радиальная герметичность изоляции обеспечивает большую надежность работы магистрали при возможных повреждениях защитной алюминиевой оболочки, чем кордельно-бумажная и полистирольная изоляции, что особенно важно для обеспечения бесперебойной свя-

зи и сигнализации на железных дорогах.

Для экранирования цепей кабеля МКПАБ от влияния внешних электромагнитных полей применяется алюминиевая оболочка толщиной 1,8-2,0 мм, обеспечивающая вместе с бронепроводами коэффициент защитного действия не более 0,1 на частоте 50 гц при наведенных на оболочке ЭДС 30 в/км.

Усиление теплоизоляционного барьера между нетеплостойкой полиэтиленовой изоляцией и алюминиевой оболочкой достигнуто применением комбинированной кордельно-бумажной поясной изоляции, состоящей из одной ленты кабельной бумаги, повива из шести-восьми нитей бумажного корделя, скрепленного лентой кабельной бумаги. Большой удельный объем воздуха в такой изоляции определил не только увеличение теплозащитных свойств, но и уменьшение ее эквивалентной электрической проницаемости. Рабочая емкость цепей кабеля типа МКПАБ с кордельно-бумажной поясной изоляцией меньше (на 3%), чем в кабелях с бумажной многослойной изоляцией, меньше также частичные емкости между жилами и оболочкой и емкостные асимметрии цепей.

В процессе освоения серийного производства для уменьшения систематических составляющих влияния между цепями в кабеле МКПАБ применена обмотка жил корделем с периодически меняющимся шагом от 3,5 до 8 мм с периодом изменения на длине 8 метров, что позволило увеличить защищенность цепей (результаты приведены в главе IV).

Во второй главе рассмотрены некоторые вопросы расчета параметров передачи цепей. Так, на основании проведенных исследований, сравнения результатов измерений и расчета по различным формулам рекомендуется уточненная формула расчета сопротивления близости, учитывающая как потери в жилах собственной группы, так и в жилах смежных групп (четверок, пар). Расхождение полученных ре-

зультатов для кабелей различных типов не превышает 2-3%.

В работе рекомендуется также простая, удобная для вычисления формула расчета сопротивления потерь в экране, не содержащая в отличие от существующих формул бесконечной суммы:

$$R_3 = \frac{a^2 z_3^2}{\pi 6 \theta^3} \left[\frac{2\theta - z_3 + \frac{z_3^2}{z_3}}{(z_3^2 - z^2)^2} + \frac{1}{z_3^2 (2\theta + z_3) \left(1 - \frac{2\theta + z_3}{4\theta + z_3} \frac{z^2}{z_3^2}\right)} \right]$$

где: a - половина расстояния между жилами рабочей пары;

z_3 - радиус экрана (оболочки);

$6, \theta$ - проводимость и глубина проникновения экрана;

z - эксцентриситет цепи.

Расчет по этой формуле, а также расчет полного активного сопротивления по рекомендуемым формулам хорошо согласуются с экспериментом.

Во второй главе рассмотрены также вопросы обеспечения высокой однородности волнового сопротивления цепей высокочастотных симметричных кабелей. Импульсными измерениями (длительность импульса от 0,5 до 10 мксек) установлено, что в ряде конструкций кабелей (типа МКБ, МКСБ выпуска до 1967 г., ТЗБ) имеют место значительные продольные неоднородности волнового сопротивления. Указанные неоднородности являются причиной значительных попутных потоков и дополнительных влияний между цепями.

По принятой в работе методике рассчитано входное сопротивление линии и попутные потоки, определяемые продольными неоднородностями цепей. Согласно расчетам входное сопротивление такой линии отличается от среднего значения волнового сопротивления цепей на отдельных частотах до 30%, результаты измерений подтверждают расчет. Защищенность цепей от попутных потоков при этом составляет менее 6,0 неп, что явно недостаточно.

Различными измерениями и расчетом установлено, что значительные продольные неоднородности определяются неизбежным умень-

шением толщины и соответствующим увеличением внутреннего диаметра свинцовой оболочки в течение цикла прессования на вертикальных прессах циклического действия.

Возникающие при этом изменения рабочей емкости, индуктивности цепей и др. характеристик по длине вызывают монотонное изменение волнового сопротивления цепей. Для исключения значительных продольных (внутренних) неоднородностей рекомендуется производить прессование свинцовой оболочки на червячных прессах непрерывного действия и алюминиевой оболочки на горизонтальных гидравлических прессах циклического действия, обеспечивающих высокую стабильность толщины и диаметра оболочек и высокую внутреннюю однородность цепей.

Обеспечение высокой защищенности цепей от взаимных влияний - основная задача при разработке конструкций и технологических процессов производства высокочастотных симметричных кабелей. В третьей главе проведены исследования и выполнен расчет взаимных влияний в системе, состоящей из трех цепей: первая - влияющая, вторая - подверженная влиянию и третья - любая другая физическая цепь в кабеле. Так, получены формулы влияния на ближний конец второй цепи при третьей цепи в режиме холостого хода на концах, что соответствует измерениям переходного затухания в строительных длинах кабеля:

$$U_{20} = \frac{U_{10}}{2} \left\{ \int_0^l N_{12} e^{-(\gamma_1 + \gamma_2)x} dx + \frac{1}{2} \int_0^l N_{32} e^{(\gamma_3 - \gamma_2)x} dx \int_0^x F_{13} e^{-(\gamma_1 + \gamma_3)t} dt + \frac{1}{2} \int_0^l F_{32} e^{-(\gamma_3 + \gamma_2)x} dx \int_x^l N_{13} e^{(\gamma_3 - \gamma_1)t} dt + \frac{1}{2 \operatorname{sh} \gamma_3 l} \left[e^{\gamma_3 l} \int_0^l F_{32} e^{(\gamma_3 - \gamma_2)x} dx \int_0^l N_{13} e^{-(\gamma_1 + \gamma_3)t} dt + e^{-\gamma_3 l} \int_0^l F_{32} e^{(\gamma_3 - \gamma_2)x} dx \int_0^l F_{13} e^{(\gamma_3 - \gamma_1)t} dt + \right.$$

$$+ e^{\gamma_3 l} \int_0^l N_{32} e^{-(\gamma_3 + \gamma_2)x} dx \int_0^l N_{13} e^{-(\gamma_1 + \gamma_3)t} dt + \\ + e^{-\gamma_3 l} \int_0^l N_{32} e^{-(\gamma_3 + \gamma_2)x} dx \int_0^l F_{13} e^{(\gamma_3 - \gamma_1)t} dt \Big] \Big\}; \quad (2)$$

где:

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ - постоянные распространения первой, второй и третьей цепей соответственно;

N_{32}, N_{13} - электромагнитная связь на ближний конец между цепями 3/2 и 1/3;

F_{32}, F_{13} - электромагнитная связь на дальний конец между цепями 3/2 и 1/3;

x, t - расстояния до соответствующих связей.

В формуле (2) первое слагаемое определяет непосредственное влияние первой цепи на вторую, второе и третье слагаемые - влияние через третью согласованную на обоих концах цепь, четыре последних слагаемых определяют дополнительное влияние через третью цепь, разомкнутые на обоих концах. В работе показано, что составляющие дополнительного влияния через третью цепь в режиме холостого хода определяют возможные провалы в кривых защищенности в ближнем конце в области частот, при которых длина третьих цепей кратна половине длины волны. Эти провалы могут иметь место при произвольном распределении связей по длине, так как они определяются множителями перед интегралами типа

$$\left| \frac{e^{\gamma_3 l}}{\operatorname{sh} \gamma_3 l} \right| = \frac{2}{|1 - e^{-2\gamma_3 l}|} \approx \frac{2}{\sqrt{2 - 2 \cos \frac{4\pi}{\lambda} l}}$$

которые максимальны при $l = m \frac{\lambda}{2}$.

Для непосредственного влияния между основными цепями при наличии между ними систематических или регулярных связей согласно формуле (2) (первое слагаемое) имеет место повышенное влияние в области частот, при которых длина цепей равна нечетному числу четвертей длины волны:

II

$$U_{20} = -\frac{U_{10} N_{12}}{4\gamma} (1 - e^{-2\gamma l}),$$

где: $|1 - e^{-2\gamma l}| \approx \sqrt{2 - 2 \cos \frac{4\pi}{\lambda} l}$

максимальны при $l = \frac{2m+1}{4} \lambda$.

Формулы защищенности на дальнем конце при влиянии через третью цепь в режиме холостого хода также определяют возможные аномально высокие влияния в области частот, при которых длина третьих цепей кратна половине длины волны.

Результаты экспериментальных исследований частотных характеристик взаимного влияния между цепями различных типов кабелей и рекомендации способов повышения защищенности цепей в процессе производства кабелей типа МКПАБ приведены в четвертой главе.

Многочисленными измерениями установлено, что определяемые теорией провалы в частотных характеристиках влияния на ближний и дальний концы имеют место для цепей кабелей различных типов: с кордельно-бумажной, кордельно-полистирольной, кордельно-полиэтиленовой и полиэтиленовой (сплошной) изоляцией.

Изменение длины цепей (уменьшение строительной длины кабелей) вызывает смещение частот провалов обратно пропорционально длине.

Для частотной кривой влияния на ближний конец между цепями в одной четверке характерными являются широкие минимумы в области частот, при которых длина цепей равна $\lambda/4$ и $3/4\lambda$ и узкие провалы в области частот, при которых длина цепей равна $\lambda/2$ и λ .

Первые вызваны регулярной связью между цепями в одной четверке, определяемой реакцией экрана, а также возможными систематическими связями и согласуются с формулой (2). Провалы в области частот, кратных половине длины волны, при влиянии на ближний и дальний конец между цепями в одной четверке и в разных четверках теоретически объясняются влиянием через третью цепь, разомкнутые на концах.

С целью конкретного определения третьих цепей, вызывающих провалы в частотных кривых защищенности на ближнем и дальнем конце, и определения путей аномального влияния, были выполнены специальные измерения. При этих измерениях длина влияющей цепи оставалась неизменной, а длина цепи, подверженной влиянию, и длина третьих цепей менялась. Выполненные измерения позволили установить, что провалы в кривых A_0 и A_{30} в области частот, кратных половине длины волны, составляют до 0,7-1,0 неп и определяются влиянием через пикаровские и суперпикаровские цепи собственных элементов групп (четверок).

При этом установлено резонансное влияние на указанных частотах второй цепи через собственную пикаровскую цепь. Разрыв пикаровской цепи (экрана, оболочки) или включение фильтров позволяют смещать характерные провалы за пределы рабочего диапазона частот.

В работе приведены результаты многочисленных измерений симметрируемости цепей резистивно-емкостными двухполюсниками в строительных длинах. Измерениями установлено, что при плавном падении кривой и невысоких значениях защищенности симметрированием можно увеличить защищенность до требуемых норм (на 2-2,5 неп). Кривая, имеющая провалы, даже при относительно высоких абсолютных значениях защищенности, как правило, не позволяет поднять защищенность цепей симметрированием до требуемых значений.

Анализ показал, что на усилительных участках провалы в тех же областях частот, что и в частотных характеристиках влияния между цепями строительных длин, часто являются лимитирующими при симметрировании и затрудняют обеспечение требуемых величин защищенности цепей. Такие закономерности имеют место в кабельных линиях с различными типами изоляции жил.

Теоретически и экспериментально доказано, что характерные провалы в частотных кривых защищенности на ближнем и дальнем

конце наиболее опасны при наличии систематических составляющих влияния между цепями, в этом случае абсолютные значения защищенности малы.

Учитывая специфику технологических процессов изготовления кабеля с кордельно-трубчатой полиэтиленовой изоляцией, в работе рекомендован способ уменьшения систематических составляющих влияния. Он заключается в том, что изолирование жил производится с периодически меняющимся шагом обмотки корделем.

Переменный шаг вызывает изменения на участках малой длины частичных емкостей между жилами, а также между жилами и экраном (оболочкой), определяемые изменением эквивалентной диэлектрической проницаемости.

Выборный режим изолирования с изменением шага обмотки от 3,5 до 8 мм (период изменения — на длине 8 метров) предполагает также периодические незначительные угловые и радиальные смещения (деформации) жил на участках обмотки с большим шагом. При этом в определенных пределах нарушаются систематические составляющие связей. Электромагнитные связи при выбранном способе изолирования жил корделем приобретают на смежных участках знакопеременный характер.

Приведенные в работе результаты исследований электрических характеристик партий кабеля МКПДБ, изготовленных с периодически меняющимся шагом обмотки жил корделем, и сравнение их с соответствующими характеристиками кабеля с постоянным шагом обмотки (см. таблицу) подтверждают эффективность выбранного метода повышения защищенности цепей в процессе производства кабеля.

Защищенность цепей на ближнем и дальнем концах возросла на 0,3-0,4 неп; симметрируемость цепей в строительных длинах соответствует требованиям стандарта на кабели с кордельно-полистирольной изоляцией.

Таблица

Электрические характеристики строительных длин кабелей различных конструкций

Наименование характеристики	Частота тока, кгц	Требования ГОСТ 5.9046-67	Кабель типа МКПАБ	
			постоянный шаг обмотки	периодический шаг обмотки
Переходное затухание на ближнем конце, неп, не менее	до 252			
- для 100% измеренных величин		6,7	6,7	6,9
- для 90% измеренных величин		7,1	7,3	7,7
Защищенность на дальнем конце, неп, не менее	до 252			
- для 100% измеренных величин		7,8	7,6	7,8
- для 90% измеренных величин		8,5	8,0	8,4
Защищенность цепей после симметрирования контурами противосвязи, неп, не менее	до 252			
- для 100% измеренных величин		9,3	8,8	9,1
- для 90% измеренных величин		9,8	9,6	10,0
Емкостная связь K_1 , среднеквадратическое отклонение, пф	0,8	-	18	15
Емкостная связь $K_{2,3}$, среднеквадратическое отклонение, пф	0,8	-	326	292
Емкостная асимметрия $e_{1,2}$, среднеквадратическое отклонение, пф	0,8	-	349	219

Освоение серийного производства кабелей типа МКПАБ потребовало разработки специфичных для кордельно-трубчатой полиэтиленовой изоляции технологических процессов. В пятой главе изложены особенности вновь разработанных процессов и оборудования: изготовления ориентированного термостабилизированного корделя; скоростной корделесмоточной машины с устройством для периодического изменения шага обмотки и др.

Технико-экономический анализ применения кабеля типа МКПАБ взамен ранее выпускавшегося кабеля с кордельно-бумажной изоляцией типа МКБАБ показывает, что экономический эффект, достигнутый в 1969 году, составил 507 тыс.руб.

В а к л ю ч е н и е

В реферируемой диссертационной работе проведено исследование и рассмотрены вопросы конструирования магистральных высокочастотных симметричных кабелей с кордельно-трубчатой полиэтиленовой изоляцией с заданными параметрами передачи и высокой защищенностью цепей от взаимных влияний.

Результаты выполненной работы состоят в следующем.

I. Исследованы формулы расчета активного сопротивления цепей симметричных кабелей, в частности его составляющих: сопротивления потерь близости и сопротивления потерь в экране.

Рекомендованы инженерные формулы расчета сопротивления близости, учитывающие потери в жилах собственных и смежных элементарных групп (пар, четверок) и обеспечивающие хорошее согласование с результатами измерений.

Рекомендована простая, удобная для вычислений сопротивле-
потерь в экране формула, не содержащая в отличие от существу
формул бесконечной суммы.

Расчет полного активного сопротивления цепей по рекоменда-
мым в работе формулам хорошо согласуется с результатами изме-
ний в кабелях различных типов.

2. Исследованы причины больших систематических неоднородност
волнового сопротивления цепей симметричных кабелей, вызыва
щих значительные попутные потоки, даны рекомендации по их
ключению в процессе производства.

3. Исследованы особенности частотных зависимостей влияния на
ближний и дальний конец в строительных длинах кабелей при
личных режимах третьих цепей.

Полученные формулы влияния в системе трех цепей при трет
цепях, разомкнутых на концах, определяют провалы в частотных
ых влияния на ближний и дальний конец в области частот, при
торых длина цепей кратна половине длины волны.

4. Экспериментально подтверждено, что в частотных характери
ках влияния на ближний и дальний концы между цепями строите
ных длин кабелей различных типов имеют место провалы в обла
стях частот, при которых длина третьих цепей кратна половине
длины волны. Специальными измерениями установлено, что эти
провалы определяются влиянием через разомкнутые на обоих ко
цах пикаровские и суперпикаровские цепи собственных четверо

5. Теоретически и экспериментально установлено, что определяем
реакцией экрана регулярная электромагнитная связь между осно
ными цепями внутри четверки, а также возможная систематиче-
ская связь между основными цепями вызывает увеличение влияни
на ближний конец в области частот, при которых длина цепей

вна нечетному числу четвертей длины волны.
Многочисленными измерениями установлено, что определяемые тео-
рией и имеющие место в кабелях характерные провалы в частотных
характеристиках A_0 и $A_{3\theta}$ являются одной из основных причин не-
достаточной симметрируемости цепей в строительных длинах и на
усилительных участках.

Разработан новый вид изоляции - кордельно-трубчатая полиэтиле-
новая, а также технологические процессы изготовления магист-
ральных высокочастотных симметричных кабелей с такой изоляци-
ей, обеспечивающих уплотнение их цепей системами К-60.

Исходя из требований к электрическим параметрам, установлены
нормы и допуска на конструктивные элементы кабелей и техноло-
гические процессы

9. Рекомендован и опробован в производстве способ уменьшения ре-
гулярных и систематических связей между цепями путем изолиро-
вания жил корделем с периодически меняющимся шагом обмотки.
Рекомендованный способ позволит повысить защищенность и симмет-
рируемость цепей до требований стандарта на кабель типа МКС.

10. Освоено серийное производство экономичных, надежных в эксплуа-
тации конструкций кабелей с кордельно-трубчатой полиэтиленовой
изоляцией, обеспечивающих уплотнение их цепей в спектре частот
до 252 кгц.

Опубликованные работы автора по теме диссертация:

1. Потери в металлических оболочках кабелей связи.
"Кабельная техника", 1964, вып.33.
2. Исследование потерь в симметричных кабелях дальней связи
в области высоких частот.
"Труды НИИКП", 1966, вып.20.
3. О некоторых причинах внутренних неоднородностей в симмет-
ричных кабелях дальней связи.
"Труды НИИКП", 1969, вып.13.

БЕ 00801 Подписано к печати 17.XII. 1970 года.
Заказ № 612 Тираж 150 экз. Объем 1 п.л.

К КМП МСС ОСУ
Запорожье, ул. Ильича, 28