

**ПЕРЕ-
НАПРЯЖЕНИЯ
В СЕТЯХ
6-35 КВ**



Если вам необходим полный экземпляр данной книги
в электронном виде - отправьте нам запрос на почту:

info@rutas.group

В теме письма укажите "Запрос технической литературы"

Ф. А. Гиндуллин
В. Г. Гольдштейн
А. А. Дульзон
Ф. Х. Халилов

**ПЕРЕ-
НАПРЯЖЕНИЯ
В СЕТЯХ
6-35 кВ**



МОСКВА
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
1989

ББК 31.279.1
П27
УДК 621.316.1.027.7.015.38

Рецензент канд. техн. наук В.В. Базуткин

П 27 Перенапряжение в сетях 6–35 кВ / Ф.А. Гиндуллин, В.Г. Гольдштейн, А.А. Дульзон, Ф.Х. Халилов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.: ил.

ISBN 5-283-01000-7

В книге рассматриваются атмосферные и внутренние перенапряжения, воздействующие на изоляцию воздушных и кабельных линий и подстанций сетей 6–35 кВ с изолированной и резонансно-заземленной нейтралью. Для всех видов перенапряжений изложены физическая сущность, картина явления, методика расчета, результаты регистрации в сетях, способы защиты от перенапряжений. Приведены сопоставления расчетных и эксплуатационных данных и даны рекомендации по повышению надежности работы сетей 6–35 кВ.

Для инженерно-технических работников, занятых проектированием и эксплуатацией электрических сетей 6–35 кВ.

П 2202050000-415
051(01)-89 134-89

ББК 31.279.1

ISBN 5-283-01000-7

© Энергоатомиздат, 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие промышленности и всесторонняя электрификация сельского хозяйства, а также быта населения вызвали интенсивное развитие электрических сетей средних классов напряжения. Общая протяженность этих сетей превышает 3 млн. км, а количество трансформаторных подстанций в них – около миллиона штук.

Энергетической программой СССР на длительную перспективу в качестве одной из важнейших определена задача повышения надежности энергоснабжения народного хозяйства. Нарушение надежности и, как следствие, перерывы в электроснабжении в зависимости от вида потребителей приводят к различным нежелательным последствиям и в том числе к значительному социальному и материальному ущербу.

Поскольку большинство потребителей получает питание через сети 6–35 кВ, имеющие меньшую надежность, чем сети более высоких классов напряжения, то большая часть перерывов электроснабжения потребителей по количеству и по длительности происходит при повреждении элементов этих сетей. Это справедливо как для СССР, так и для других стран. К примеру, в Японии на ВЛ 11–33 кВ приходится 88% перерывов и 77% отключений линий всех классов напряжения [1], в Великобритании на ВЛ 2–33 кВ приходится 77% перерывов электроснабжения [2].

В сетях 110 кВ и более надежность обеспечивается очень дорогим путем – резервированием. Что касается сетей 6–35 кВ, их достоинство точно и ярко охарактеризовано Ф.А. Лихачевым [3]: "Основным преимуществом распределительных сетей 6–35 кВ перед сетями высших напряжений является их работоспособность при длительных замыканиях на землю. Это свойство должно поддерживаться всеми существующими мерами и средствами, поскольку позволяет эксплуатационному персоналу определить, выделить и оградить место повреждения изоляции, а также создать временную схему электропитания потребителей без их обесточения".

Указанное преимущество обеспечивается тем, что сети 6–35 кВ работают с изолированной или резонансно-заземленной нейтралью. Это обстоятельство, в свою очередь, приводит к появлению специфических особенностей как по видам и характеру протекающих переходных процессов (перенапряжений), так и по их последствиям и методам защиты от них.

Вместе с тем до настоящего времени в СССР научно-исследовательские и проектные организации, занимающиеся вопросами перенапряжений, основное внимание уделяют сетям сверхвысокого и ультравысокого напряжений. В опубликованных за последние годы книгах по технике высоких напряжений и электрическим сетям 6–35 кВ вопросам грозовых и внутренних перенапряжений уделено мало места. Предлагаемая книга призвана в какой-то мере восполнить этот пробел.

В гл. 1 рассмотрены вопросы, связанные с режимом нейтрали сетей 6–35 кВ, уровнем изоляции, а также приведены данные по их аварийности. В гл. 2 более подробно рассмотрена аварийность, которая обусловлена грозowymi и внутренними перенапряжениями, в гл. 3 – теория и методика расчета грозowych перенапряжений на воздушных линиях. В гл. 4 изложены результаты исследований грозowych перенапряжений на подстанциях, в гл. 5 – теория и результаты измерений внутренних перенапряжений в сетях 6–35 кВ, а в гл. 6 – вопросы защиты сетей 6–35 кВ от перенапряжений. Авторы стремились изложить материал в наиболее простой и наглядной форме, чтобы сделать книгу полезной для широкого круга инженерно-технических работников, связанных с проектированием и эксплуатацией сетей 6–35 кВ.

Главы 1, 2, 6 написаны авторами совместно, гл. 3 написана Ф.А. Гиндуллиным совместно с А.А. Дульзоном, гл. 4 – Ф.Х. Халиловым, гл. 5 – Ф.Х. Халиловым совместно с В.Г. Гольдштейном.

В организации и проведении исследований участвовали инженерно-технические сотрудники ряда энергосистем, ЛПИ имени М.И. Калинина, Куйбышевского политехнического института и НИИ высоких напряжений при Томском политехническом институте. Им авторы приносят свою глубокую признательность.

Авторы благодарны рецензенту канд. техн. наук В.В. Базуткину, чьи замечания во многом способствовали улучшению рукописи.

Отзывы о книге, критические замечания и пожелания просьба направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

Авторы

Глава первая

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕТЕЙ 6–35 кВ

1.1. Заземление нейтрали в сетях 6–35 кВ

Общие соображения. Схема рабочего заземления нейтрали является одним из основных факторов, определяющих свойства сети при внутренних и грозowych перенапряжениях.

Выбор способа заземления нейтрали связан главным образом с поведением системы при замыкании на землю и представляет собой комплексную проблему, которая затрагивает вопросы не только перенапряжений, но также и релейной защиты, влияния на линии связи, выбора аппаратуры и т.д. [4].

Каждый способ заземления нейтрали имеет свои преимущества и недостатки. Их оценка всегда носит несколько субъективный характер и определяется сложившимися традициями, поэтому в разных странах в разные годы применялись различные способы заземления нейтрали. В Западной Европе заземление нейтрали через дугогасящие аппараты нашло широкое применение в сетях до 110 кВ и даже более. В США, напротив, предпочтение было отдано глухому заземлению нейтрали электрических систем. Однако в дальнейшем в Европе в сетях 110 кВ и выше получило распространение глухое заземление нейтрали, а в США в сетях среднего напряжения нашло применение изолированная нейтраль. К сожалению, в статьях зарубежных авторов зачастую не указывается режим нейтрали, что затрудняет сопоставление опыта эксплуатации зарубежных и отечественных сетей. В Советском Союзе сети с напряжением 110 кВ и выше работают с эффективно-заземленной нейтралью, а сети 35 кВ и ниже – в режиме с изолированной нейтралью либо с нейтралью, заземленной через настроенную индуктивность.

Как известно, большая часть замыканий на землю возникает на воздушных линиях электропередачи в результате импульсного перекрытия изоляции при грозowych разрядах с последующим переходом импульсного перекрытия в дуговой разряд. Поэтому принятый способ заземления нейтрали должен в первую очередь обеспечивать наиболее быструю ликвидацию дуги замыкания на землю по возможности без нарушения электроснабжения потребителей.

Замыкание на землю в сети с изолированной нейтралью. Рассмотрим простейшую трехфазную систему, в которой произошло замыкание на землю одной из фаз (например, фазы *C* на рис. 1.1). Для простоты положим, что емкости фаз на землю равны: $C_A = C_B = C_C = C$.

легченной изоляции, но и полной изоляции электрооборудования распределительных сетей. Значительную опасность эти перенапряжения представляют для электродвигателей напряжением выше 1 кВ, синхронных компенсаторов и генераторов.

4. Грозозащита и защита от внутренних перенапряжений изоляции распределительных сетей должны быть пересмотрены с разработкой универсальных защитных аппаратов, которые совместно со схемными мероприятиями помогут в значительной степени снизить аварийность в энергосистемах.

5. Необходимо продолжить работы по обобщению опыта эксплуатации, расчетов, моделирования и измерений, направленных на глубокое ограничение перенапряжений в распределительных сетях, сетях собственных нужд электростанций и сетях генераторного напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Uehara K., Ohwa G. Investigation of Lightning Damages on Distribution Lines // IEEE Trans. Power Appar. Syst. 1968, Vol. 87, P. 1018–1025.
2. Ford D.V. The British Electricity Boards national fault and interruption reporting scheme—objectives and operating experience // IEEE Trans. Power Appar. Syst. 1972. № 5. P. 2179–2188.
3. Лихачев Ф.А. Повышение надежности распределительных сетей 6–10 кВ // Электрические станции. 1981. № 11. С. 51–56.
4. Вильгельм Р., Уотерс М. Заземление нейтрали в высоковольтных системах. М.—Л.: Госэнергоиздат, 1959.
5. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. — 6-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. ГОСТ 27.002–83. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1983.
7. Барг И.Т., Эдельман В.И. Воздушные линии электропередачи: Вопросы эксплуатации и надежности. М.: Энергоатомиздат, 1985.
8. Patton A.D. System reliability evaluation considering Post-Fault switching and incomplete redundancy // Ind. Commer. Power Syst. Techn. Conf., Pittsburg, Pa, 1977. New York, 1977. P. 96.
9. Гиндуллин Ф.А., Дульзон А.А. О качестве исходной информации об аварийности ВЛ // Изв. вузов СССР. Энергетика. 1984. № 5. С. 41–43.
10. Шулов Б.С. Напряжение 20 кВ в электрических сетях Латвийской ССР // Электрические станции. 1968. № 3. С. 20–23.
11. Кутас С.Б. Повышение надежности сельских электрических сетей Литовглавэнерго // Энергетик. 1982. № 2. С. 21–23.
12. Будзко И.А., Броницкий М.А., Выхирка А.С. Сравнение сельских кабельных и воздушных ЛЭП // Электричество. 1978. № 7. С. 13–17.
13. Усманов Ф.Х., Максимов В.А. Опыт эксплуатации реконструированных сельских ВЛ 6–10 кВ Башкирэнерго // Энергетик. 1981. № 3. С. 31–32.
14. Тураев В.А. Повреждение в распределительных сетях 6–10 кВ // Электрические станции. 1972. № 5. С. 62–67.
15. Hurstell M.L., West M.G. Shielding 13,8-kV Distribution Circuits // Power Appar. Syst. 1959. № 45. P. 1056–1065.
16. Grünwald H. Kann die Gewitterschutz von Mittel – spannungsnetzen noch verbessert werden? // Elektrizitätswirtschaft. 1965. Vol. 3, № 64. P. 62–64.
17. Коршунов А.П., Смиренский В.М. Аварийные и плановые отключения в сельских электрических сетях // Электрические станции. 1968. № 7. С. 46–50.
18. Барг И.Х., Валк Х.Я., Комаров Д.Т. Совершенствование обслуживания электрических сетей 0,4–20 кВ в сельской местности. М.: Энергия, 1980.
19. Йорданов Н. Исследования на повреждение и отключения по электропроводите и трансформаторные постове 20 кВ в района на электроснабдително предприятие в гр. Пловдив // Годшин Энергопроект Г–59. 1969. Т. 2, № 13. С. 57–74.

20. Карамзин А.П. Отключение и повреждения в сетях 35, 10 и 6 кВ при грозах // Электрические станции. 1971. № 7. С. 60–64.
21. ГОСТ 1516.1–76. Электрооборудование переменного тока на напряжение от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции. М.: Изд-во стандартов, 1985.
22. Половой И.Ф., Михайлов Ю.А., Халилов Ф.Х. Перенапряжения на электрооборудовании высокого и сверхвысокого напряжения. Л.: Энергия. Ленингр. отделение, 1975.
23. Сапожников Н.В. Уровни изоляции электрооборудования высокого напряжения. М.: Энергия, 1969.
24. Техника высоких напряжений / Под ред. М.В. Костенко. М.: Высшая школа, 1973.
25. Костенко М.В., Люлько В.А., Халилов Ф.Х. Вопросы защиты генераторов от грозовых и внутренних перенапряжений // Перенапряжения и защита от них в распределительных сетях генераторного напряжения. Куйбышев. 1979. С. 6, 7.
26. ГОСТ 1516.2–76. Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытания электрической прочности. М.: Изд-во стандартов, 1984.
27. Barry L.C., Ward J.H. High-Reliability Circuits Perform Aply in Lightning Hot Spot // Elec. Sight Power. 1966. Vol. 44, № 10. P. 70.
28. Dawson By. G. Lighthing Performance and associated Design Aspects of Wood Pole overhead Lines in South-East Queensland // Trans. Instn. Engrs. Austral. 1965. Vol. 1, № 2. P. 95–106.
29. Limbourn G.I. Electrical Design of Distribution Lines // Australian Power Eng. 1975. Vol. 10, № 2. P. 3–12.
30. Долгинов А.И. Перенапряжения в электрических системах. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1962.
31. Armstrong H.R., Stoelting H.O., Veverka E.F. Impulse Studies on Distribution Line Construction // IEEE Trans. Power Appar. Syst. 1967. Vol. 86, № 2. P. 206–214.
32. AIEE Transmission and Distribution Comitee. Impulse flashovers of combinations of the line insulators, air gaps and wood structural numbers // AIEE Trans. Power Appar. and Syst. April 1956. Vol. 175. P. 16–21.
33. Парфенова Г.И. Аэросинооптические условия возникновения фронтальных гроз в юго-восточном и восточном Казахстане // Труды Каз. НИГМИ. 1956. Вып. 6. С. 68–82.
34. Гиндуллин Ф.А., Дульзон А.А., Лычагина Л.С. Грозовые отключения ЛЭП 10 кВ в Кустанайэнерго // Изв. вузов СССР. Энергетика. 1977. № 7. С. 22–29.
35. А.С. 1000985 СССР, (51) М. Кл.³ G 01 W 1/16. Грозорегистратор / А.А. Дульзон, Р.Ф. Есищенко, А.А. Пегов, В.И. Потапкин // Открытия. Изобретения. 1983. № 8.
36. Гиндуллин Ф.А., Дульзон А.А. Грозовые отключения ЛЭП 10 кВ // Тр. ЭНИН. 1979. С. 122–124.
37. Техника высоких напряжений / Под ред. Д.В. Разевига. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1976.
38. Разевиг Д.В. Атмосферные перенапряжения на линиях электропередачи. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1959.
39. Байдавлетов Р.И. Учет и анализ повреждаемости изоляторов 6–10 кВ // Энергетик. 1979. № 4. С. 7.
40. Кокорев А.Б. Исследование штыревых фарфоровых изоляторов сельских электрических сетей напряжением 10 кВ в целях повышения их эксплуатационной надежности: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1981.
41. Защита сельских электрических сетей 10–35 кВ от атмосферных перенапряжений / К.М. Семчиков, Ф.М. Ихтейман, К.С. Тарасов, А.П. Казимир // Энергетик. 1965. № 3. С. 35–37.

42. Назаров А.И. Эффективность грозозащитных средств в сетях 35 кВ // Электрические станции. 1970. № 11. С. 82–84.
43. О сокращении количества трубчатых разрядников в распределительных сетях 6–10 кВ / Н.С. Сулим, В.Г. Сантоцкий, Л.Ф. Монастырская, Ю.М. Савелко // Энергетика и электрификация. 1970. № 3 (51). С. 14–16.
44. Будзко И.А., Захарин А.Г., Эбин Л.Е. Сельские электрические сети. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1963.
45. Czaplak W. Przepiecia mewnetzne i wybon sposobu uziemienia punktu zerowego w sieciach srednich napieec // Energetyka. 1968. № 5 (173): P. 152–155.
46. Джуварлы Ч.М. К теории перенапряжений от заземляющих дуг в сети с изолированной нейтралью // Электричество. 1953. № 6. С. 18–27.
47. Трухан А.П. Эффективность различных способов заземления нейтрали сети 6–10 кВ // Режимы нейтрали в электрических системах / Под ред. И.М. Сиروتа. Киев: Наукова думка, 1974. С. 43–60.
48. Lorenz H. Przepiena ziemnorwanowe w priemyslowy sen Rablowy 6 kW // Energetyka. 1968. № 6. С. 199–200.
49. Лихачев Ф.А. Защита от внутренних перенапряжений электроустановок 3–220 кВ. М.: Энергия, 1968.
50. Руководящие указания по защите от перенапряжений электротехнических установок переменного тока напряжением 3–220 кВ. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1954.
51. Руководящие указания по защите от внутренних и грозовых перенапряжений сетей 3–750 кВ (Проект). Л.: Энергия, Ленингр. отделение, 1975. (Тр. НИИПТ; Вып. 21–22).
52. Новикова А.Н. Расчет грозоупорности воздушных линий электропередачи на деревянных опорах без троса // Электрические станции. 1975. № 9. С. 72–75.
53. Дьяков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию. – 5-е изд., испр. и доп. М.: Высшая школа, 1976.
54. Darveniza M., Limbourn G.J., Prentice S.A. Line Design and electrical properties of Wood // IEEE Trans. Power Appar. Syst. Vol. PAS-86, November 1967. P. 1344–1356.
55. Гиндуллин Ф.А., Дульзон А.А. Расчет числа грозовых отключений ЛЭП 10 кВ на железобетонных опорах при прямом ударе молнии в линию // Перенапряжения в электрических системах и электрическая прочность высоковольтной изоляции / Под ред. К.П. Кадомской. Новосибирск, 1985. С. 10–16.
56. Гиндуллин Ф.А., Дульзон А.А. Методика расчета ожидаемого числа отключений ВЛ 10 кВ, вызванных перекрытиями на соседних с точкой разряда молнии опорах // Изв. вузов. Энергетика. 1987. № 2. С. 28–31.
57. Eriksson A.J., Penmun C.L., Meal D.V. A review of five years lightning research on an 11 kV test-line // Int. Conf. Light Power Syst. London. 1984. P. 62–66.
58. Гиндуллин Ф.А. Расчет грозовых отключений ЛЭП от индуктированных перенапряжений // Техника высоких напряжений и электрическая прочность изоляции / Под ред. В.Я. Ушакова. Томск, 1977. С. 102–111.
59. Попов С.М. О грозозащите подстанций 750 кВ // Электрические станции. 1970. № 8. С. 52–56.
60. Костенко М.В. Атмосферные перенапряжения и грозозащита высоковольтных установок. М.: Госэнергоиздат, 1949.
61. Вольпов К.Д., Созинов А.В., Халилов Ф.Х. Результаты измерения входной емкости электрооборудования 6–750 кВ // Электрические станции. 1982. № 9. С. 60–61.
62. Манафаде А.З., Созинов А.В., Халилов Ф.Х. Определение входной емкости электрооборудования в сетях 6–10 кВ // Промышленная энергетика. 1978. № 7. С. 30–31.
63. Анализ надежности грозозащиты подстанций / М.В. Костенко, Б.В. Ефимов, И.М. Зархи, Н.И. Гумерова. Л.: Наука, 1981.

64. Костенко М.В., Невретдинов Ю.М., Халилов Ф.Х. Грозозащита электрических сетей в районах с высоким удельным сопротивлением грунта. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1984.
65. Paris L. Basic Considerations of Magnitude Reduction of Switching Surges due to Line Energization // IEEE Trans. Power Appar. and Syst. Jan. 1968. Vol. 87, № 1. P. 295-300.
66. Anderson E.I. Etude des surtension internes dans le réseaux MT // Bull. Dir. étud. et rech. 1983. Bd. № 1-2. P. 61-80.
67. Brown J.D., Trojan H.T. Modern techniques of transient voltage analysis of power systems // Proc. Amer. Power Conf. Chicago. 1970. Vol. 32. P. 1082-1088.
68. Созинов А.В., Халилов Ф.Х. Автоматический регистратор внутренних перенапряжений. Информационный листок. № 364-81. Серия Приборостроение.
69. Зархи И.М., Мешков В.М., Халилов Ф.Х. Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1986.
70. Присоединение автоматических регистраторов внутренних перенапряжений к высоковольтным сетям / В.В. Ивашев, Ю.А. Михайлов, Ф.Х. Халилов, И.В. Черняев // Изв. вузов. Энергетика. 1964. № 6. С. 8-15.
71. Карамзин А.П., Михайлов Ю.А., Халилов Ф.Х. Погрешность, вносимая трансформатором напряжения при регистрации внутренних перенапряжений // Электрические станции. 1982. № 12. С. 51-55.
72. Михайлов Ю.А., Халилов Ф.Х. Погрешности, вносимые трансформаторами напряжения при регистрации внутренних перенапряжений в сетях 6-35 кВ // Электрические станции. 1971. № 9. С. 77-78.
73. Джуварды Ч.М. Основные результаты исследования перенапряжений от заземляющих дуг // Электрические станции. 1951. № 5. С. 43-45.
74. Шваб А. Измерения на высоком напряжении // Измерительные приборы и способы измерения: Пер. с нем. / Под ред. И.П. Кузюкина. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983.
75. Беляков Н.Н. Исследование перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6 и 10 кВ с изолированной нейтралью // Электричество. 1957. № 5. С. 31-36.
76. Лихачев Ф.А. Восстановление напряжения на поврежденной фазе после гашения заземляющей дуги // Электрические станции. 1960. № 8. С. 73-81.
77. Kluss E. Der aussetzende Erdschluss // Electro Anz. 1955. № 52-53. P. 497-498.
78. Berger K., Richard R. Experimentelle und theoretische Untersuchung der Erdschluss überspannungen in isolierten wechselstromnetzen sowie der Eigenschaften von Erdschluss lichtbogen // Bull. Schweiz. Electrotechn. Vereins. 1956. Vol. 47, № 11. P. 485, 504, 507.
79. Le Verre Pierre // Bull. Soc. Frans. électriciens. 1960. Vol. 1, № 4. P. 200-218.
80. Engels T., Waste W., Zaduk H. // ETZ. 1960. A-81, № 17. P. 592-596.
81. Remmler M. // ETZ. 1960. A-81, № 17. P. 606-608.
82. Вольпов К.Д. Измерение максимальных уровней внутренних перенапряжений в сетях 6 и 35 кВ // Изв. вузов. Энергетика. 1964. № 3. С. 14-16.
83. Statistical surbeys of overvoltages the coordination of insulation between phasos and the electric strenght to switching surges / R. Gerb, J. Jisku, V. Kalonsen, V. Syskocil // CIGRE. Paris. 1962. № 415.
84. Laurent P., Monnet M. Report on switching surge measurement carried out in different countries on high voltage systems // CIGRE. Paris. 1962. № 410, P. 4-19.
85. О причинах повреждения выключателей ВЭМ-6 / В.Д. Катсон, В.Н. Осотов, А.В. Созинов и др. // Электрические станции. 1979. № 3. С. 34-37.
86. Методы высоковольтных испытаний: Рекомендации МЭК. - 2-е изд. 1962 (Перевод) / Материалы Междунар. электротехн. комисии. Публикация 60. М.: Госкомитет по электротехнике при Госплане СССР, 1965. (Тр. ВНИИЭМ).
87. К вопросу о перенапряжениях: результаты измерений в энергосистемах / Герт, Хома, Калоусек и др. // Перенапряжения и высоковольтная изоляция в электрических системах. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1959. С. 36-75.
88. White C.L. Surge recording at High Ibrecht KTI substations Br. El. All // Ind. Res. Ass. Techn. Rep. S/T 78.
89. Wagner E., Oster. Z. // Electrizitätswirtschaft. 1963. Vol. 16, № 12. P. 583-589.
90. Каганов З.Г. Внутреннее перенапряжение и другие воздействия на витковую изоляцию электродвигателей // Испытания витковой изоляции электрических машин / Под ред. Л.Г. Мамиконянца. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1959. С. 5-45.
91. Влияние коммутационных перенапряжений на надежность электродвигателей / О.Д. Гольдберг, И.М. Комлев, Н.И. Суворов и др. // Электротехника. 1968. № 5. С. 14-18.
92. Озерной М.И., Фарович В.М. Переходные процессы в шахтной участковой электросети при коммутации асинхронных короткозамкнутых двигателей // Изв. вузов. Горный журнал. 1969. № 3. С. 136-141.
93. Гаврилов П.Д. Коммутационные перенапряжения в забойных электродвигателях / Автоматизация и электрификация работ в горной промышленности // Тр. Кемеровск. политехн. ин-та. 1970. Вып. 19. С. 32-36.
94. Внутренние перенапряжения на крановых двигателях / Ю.А. Гутников, В.П. Мариночкин, А.В. Созинов и др. // Электротехника. 1979. № 2. С. 37-39.
95. Люлько В.А., Мамонова О.М. Измерения коммутационных перенапряжений в электрических машинах / Электросила. Л.: 1965. № 24. С. 55-61.
96. Будкин Л.Г., Вольпов К.Д., Халилов Ф.Х. Исследование внутренних перенапряжений на вводах генераторов // Электрические станции. 1977. № 5. С. 59-61.
97. AIEE Committee Report. Impulse testing of rotating A-C Machines // Power. Appar. Syst. 1960. Vol. 6, № 48. P. 182-188.
98. Lister E.C. Ferroresonance on rural distribution systems // IEEE Thans. Ind. Appl. 1973. Vol. 9, № 1. P. 105-111.
99. Aner, Schultz. Анализ перенапряжений в распределительной системе 17,4/24,9 кВ с трансформатором, соединенным по схеме звезда с заземленной нейтралью // IEEE. 1954. Vol. 73. P. 1027.
100. Hopkinson R.H. Ferroresonant overvoltage control based on TNA tests on three-phase Delta-Wye transformer banks // IEEE. 1967. Vol. 86, № 10. P. 1258-1263. Discuss. P. 1263-1265.
101. Hopkinson R.H. Ferroresonant overvoltage control based on TNA tests on three-phase Wye-Delta transformer banks // IEEE Trans. Power Appar. and Syst. 1968. Vol. 87. № 2. P. 352-359.
102. Грозозащита подстанций и электрических машин высокого напряжения: Учебное пособие / М.В. Костенко, И.М. Богатенков, Ю.А. Михайлов, Ф.Х. Халилов. Л.: ЛПИ, 1982.
103. А.с. 658639 СССР, (51) М. Кл². H 01 T 1/14. Устройство для защиты ЛЭП от атмосферных перенапряжений / Ф.А. Гиндуллин, Я.Ф. Колесников // Открытия. Изобретения. 1979. № 15.
104. Арайс Р.Ж., Сталтманис И.О. Эксплуатация электрических сетей сельской местности. М.: Энергия. 1977.
105. Юман М. Молния. М.: Мир, 1972.
106. Седой В.С. Исследование отключающих характеристик электрически взрываемых проводников: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Томск, 1975.
107. Шабад М.А. Автоматика в сельских распределительных сетях 10 (6) и 35 кВ // Энергетик. 1979. № 8. С. 34-36.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава первая. Общая характеристика сетей 6–35 кВ	5
1.1. Заземление нейтрали в сетях 6–35 кВ	5
1.2. Надежность сетей 6–35 кВ	11
1.3. Уровень изоляции сетей 6–35 кВ	19
Глава вторая. Аварийность сетей 6–35 кВ вследствие воздействия на них перенапряжений	28
2.1. Грозовая аварийность ВЛ	28
2.2. Аварийность в сетях 6–35 кВ по причине воздействия внутренних перенапряжений	38
2.3. Эксплуатационные характеристики грозозащиты подстанций 6–35 кВ	40
Глава третья. Атмосферные перенапряжения на ВЛ 6–35 кВ	44
3.1. Краткие сведения о разряде молнии	44
3.2. Влияние импульсной короны на волновые процессы в линиях	47
3.3. Прямой удар молнии в линию	50
3.4. Индуцированные перенапряжения	61
3.5. Сопоставление расчетных и эксплуатационных чисел грозовых отключений ВЛ	76
Глава четвертая. Грозозащита подстанций 6–35 кВ	79
4.1. Допустимые грозовые перенапряжения на изоляции трансформаторов 6–35 кВ	79
4.2. Входная емкость электрооборудования в сетях 6–35 кВ	81
4.3. Исследование схем грозозащиты подстанций 6–35 кВ	85
4.4. Оценка эффективности грозозащиты электрооборудования сетей 6–35 кВ	89
4.5. Результаты технико-экономического сопоставления вариантов грозозащиты подстанций 6–35 кВ	91
Глава пятая. Внутренние перенапряжения в сетях 6–35 кВ	94
5.1. Методика исследования внутренних перенапряжений в действующих сетях	94
5.2. Дуговые перенапряжения в сетях 6–35 кВ	110
5.3. Коммутационные перенапряжения в сетях 6–35 кВ	132
5.4. Феррорезонансные перенапряжения в сетях 6–35 кВ	154
Глава шестая. Защита сетей 6–35 кВ от перенапряжений	170
6.1. Общие сведения	170
6.2. Защита ВЛ 6–35 кВ от грозовых перенапряжений	175
6.3. Защита сетей генераторного напряжения	181
6.4. Защита сетей собственных нужд	182
Заключение	183
Список литературы	185

Производственное издание

Гиндуллин Фагим Ахмедзеевич
Гольдштейн Валерий Геннадьевич
Дульзон Альфред Андреевич
Халилов Фирудин Халилович

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ В СЕТЯХ 6–35 кВ

Редактор *С.М. Литвинов*
Редактор издательства *И.И. Лобышева*
Художественные редакторы *В.А. Гозак-Хозак, Ю.В. Созанская*
Технический редактор *О.И. Хабарова*
Корректор *Н. И. Курдюкова*
ИБ № 2524

Набор выполнен в издательстве. Подписано в печать с оригинала-макета 25.08.89. Т-15845. Формат 60 x 88 1/16. Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Усл. печл. 11,76. Усл.кр.-отг. 12,00. Уч.-издл. 12,76. Тираж 14 000 экз. Заказ 6835. Цена 65 к.

Энергоатомиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Отпечатано в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО "Первая Образцовая типография" Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113054, Москва, М-54, ул. Валовая, 28.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Энергоатомиздат готовит к изданию следующие книги по технике высоких напряжений:

в 1989 г.

Техника высоких напряжений: Теоретические и практические основы применения / М.Б. Бейер, В. Бёк, К. Мейлер, В. Цэнгль; Пер. с нем. — 40 л.: 3 р.

Александров Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды: Учеб. пособие для вузов. — 22 л.: 1 р.

в 1990 г.

Половой И.Ф., Михайлов Ю.А., Халилов Ф.Х. Внутренние перенапряжения в электрооборудовании высокого и сверхвысокого напряжения — 2-е изд., перераб. и доп. — 11 л.: 55 к.

Перенапряжения в электрических системах и защита от них: Учебник для вузов / В.В. Базуткин, К.П. Кадомская, М.В. Костенко, Ю.А. Михайлов. — 25 л.: 1 р. 20 к.

С аннотациями на эти книги Вы можете ознакомиться в Тематических планах выпуска литературы Энергоатомиздата на 1989 и 1990 гг., которые имеются во всех книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, также в технических библиотеках.

info@ rutas group

65 к.