

Вильданов Камиль Якубович – заведующий кафедрой электротехники Московской государственной академии коммунального хозяйства и строительства (МГАКХиС), доктор техн. наук, профессор. Окончил электромеханический факультет МЭИ в 1967 г. Защитил докторскую диссертацию в 2000 г.

Забора Игорь Георгиевич – профессор Московской государственной академии коммунального хозяйства и строительства (МГАКХиС), канд. техн. наук. Окончил Московский институт радиотехники,

электроники и автоматики в 1975 г. Защитил кандидатскую диссертацию в 1986 г.

Берёзкина Наталья Владимировна – ведущий инженер ОАО «ВНИПИнефть», аспирант Московской государственной академии коммунального хозяйства и строительства (МГАКХиС). Окончила Челябинский политехнический институт по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных предприятий и установок» в 1987 г.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Устройства для плавки гололёда на проводах линий электропередачи

МУСТАФА Г.М., ГОРЮШИН Ю.А., ГУСЕВ С.И., МИНАЕВ Г.М., АРТАЕВ Н.А.

Рассматриваются методы плавления гололёда на проводах линий электропередачи с применением диодных и тиристорных выпрямителей. Для сокращения времени плавления гололёда и упрощения коммутационной схемы на подстанциях предлагается применение многополюсных преобразователей на основе тиристорных преобразователей частоты с непосредственной связью.

Ключевые слова: линии электропередачи, плавление гололёда, выпрямитель тиристорный, выпрямитель диодный.

Для плавки гололёда на проводах линий электропередачи широко применяются изготавливаемые в ОАО «Электровыпрямитель» неуправляемые (диодные) выпрямители типа В-ТППД на токи до 1800 А и напряжение до 14 кВ [1]. Начато применение управляемых (тиристорных) выпрямителей. В декабре 2009 г. введено в эксплуатацию устройство плавки с тиристорным выпрямителем В-ТПП-1,35к-8к-УХЛ4 на подстанции «Яблоновская» МЭС-Юга [2]. Управляемый выпрямитель снабжён системой регулирования тока, которая обеспечивает протекание заданного диспетчером (или АСУ) тока без переключений обмоток питающего трансформатора и независимо от сопротивления (длины и сечения проводов) подключённого к нему участка линии электропередачи. Это значительно упрощает процесс плавления при всех возможных схемах под-

The methods of ice melting on electric transmission lines with application of diode and thyristor rectifiers are considered in the article. For reduction of ice melting time and to simplify the circuit diagram on the substations the application of multi-pole converters on the base of thyristor frequency converters with direct connection is suggested.

Key words: electric transmission lines, ice melting, thyristor rectifier, diode rectifier.

ключения фазных проводов и грозозащитного троса (фаза/фаза, фаза/две фазы и т.п.).

При испытании управляемый выпрямитель работал на два участка линии с отличающимися в два раза длинами (рис. 1). Средневольтные коммутаторы на подстанциях ПС1, 2, 3 обеспечивали сборку схем фаза/фаза, фаза/две фазы и трос/земля. Ток управляемого выпрямителя при работе с фазными проводами достаточно точно удерживался на уровне задания 1330 А. Напряжение определялось сопротивлением проводов линии между подстанциями:

- ПС1 и ПС2 – фаза А/фаза С – 5200 В, фаза А/фазы В,С – 3900 В;
- ПС1 и ПС3 – фаза А/фаза С – 2700 В, фаза В/фазы А,С – 2010 В.

Нагревание фазных проводов и троса в схеме на рис. 1 производится поочередно. Воз-

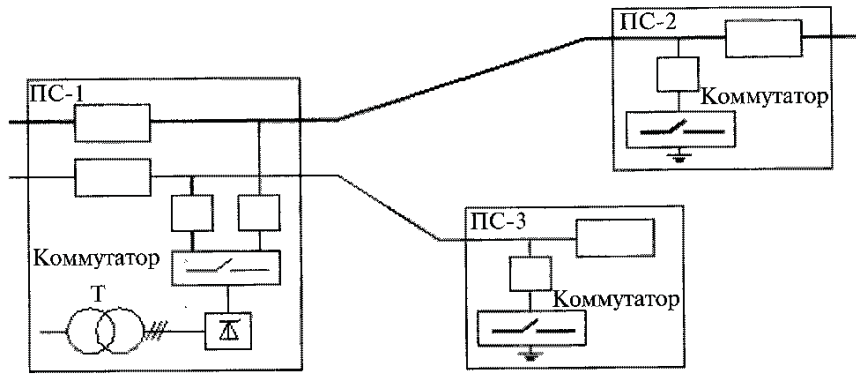


Рис. 1. Схема плавания с управляемым выпрямителем двух линий ПС1-ПС2 и ПС1-ПС3

можно два типа графиков плавки (рис. 2). По графику рис. 2,а на первом интервале прогревается трос (схема трос/две фазы, трос/фаза или трос/земля), затем на втором интервале прогревается один фазный провод (схема фаза/две фазы) и, наконец, на третьем интервале прогреваются два оставшихся фазных провода (схема фаза/фаза).

По графику рис. 2,б на первом интервале по аналогичной графику рис. 2,а схеме прогревается трос, на следующих трёх интервалах прогреваются по очереди фазные провода (схема фаза/две фазы) в три интервала.

Требуемое напряжение выпрямителя для работы по графику рис. 2,а должно быть не менее

$$U_{\text{выпр}} \geq 2R_{\text{ф}}I_{\text{пл}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{выпр}}$ – напряжение выпрямителя; $R_{\text{ф}}$ – сопротивление фазного провода участка линии; $I_{\text{пл}}$ – ток плавания.

Предварительный прогрев фазных проводов В, С половинным током на втором этапе графика рис. 2,а зависит от климатических условий и при минусовых температурах почти не даёт эффекта, поэтому при таких условиях

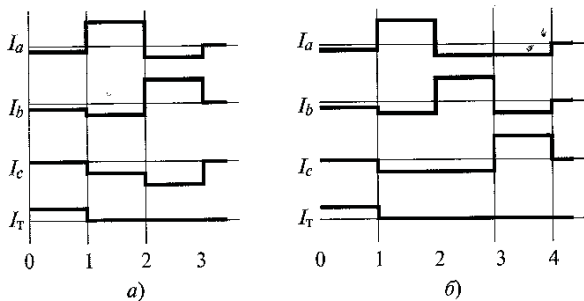


Рис. 2. Графики плавки

длительности интервалов 2, 3 оказываются практически одинаковыми.

Можно принять для упрощения такой же и длительность первого интервала. При этом длительность плавки по графику рис. 2,а оказывается тройной:

$$T_{\text{пл}} \approx 3T_{\text{ф}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{пл}}$ – длительность плавки на трёх проводах и тросе линии; $T_{\text{ф}}$ – длительность плавки на одном проводе линии.

По графику рис. 2,б число интервалов плавки равно 4. На интервалах 2–4 поочередно прогреваются три фазных провода по схеме фаза/две фазы. Требуемое напряжение выпрямителя здесь меньше:

$$U_{\text{выпр}} \geq (3/2)R_{\text{ф}}I_{\text{пл}}. \quad (3)$$

Однако из-за слабого действия половинного тока при отрицательной температуре общее время плавки по графику рис. 2,б может достигать

$$T_{\text{пл}} \approx 3T_{\text{ф}}. \quad (4)$$

Способы сокращения времени плавки гололёда

На время плавки гололёда участок линии электропередачи выводится из работы в электроэнергетической сети. Это время желательно делать минимально возможным.

Сильно увеличивать ток плавки опасно и возможность уменьшения времени $T_{\text{ф}}$ ограничена. Существенно сократить общее время плавания $T_{\text{пл}}$ можно только совмещением интервалов. Для этого необходимо перейти от управляемого выпрямителя (двухполусного преобразователя) к более сложному многополусному управляемому преобразователю.

Схе
Выпрям
Выпрям
Трёхпол
группой
Трёхпол
группа

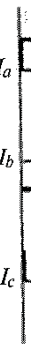


Рис. 3. реверси



Рис. 5. тоты с трёх ф

Основные показатели двух- и трёхполюсных схем преобразователей для плавки гололёда на проводах линий электропередачи

Схема преобразователя и режим	Кратность тока	Напряжение преобразователя	Мощность	Энергия	Время плавления
Выпрямитель ф/ф, ф/2ф	1,000	2,000	2,0	3,5	2
Выпрямитель ф/2ф, ф/2ф, ф/2ф	1,000	1,500	1,5	4,5	3
Трёхполюсная с одной реверсивной группой	1,225	2,449	3,0	3,0	1
Трёхполюсная с двумя реверсивными группами	1,414	2,121	3,0	3,0	1

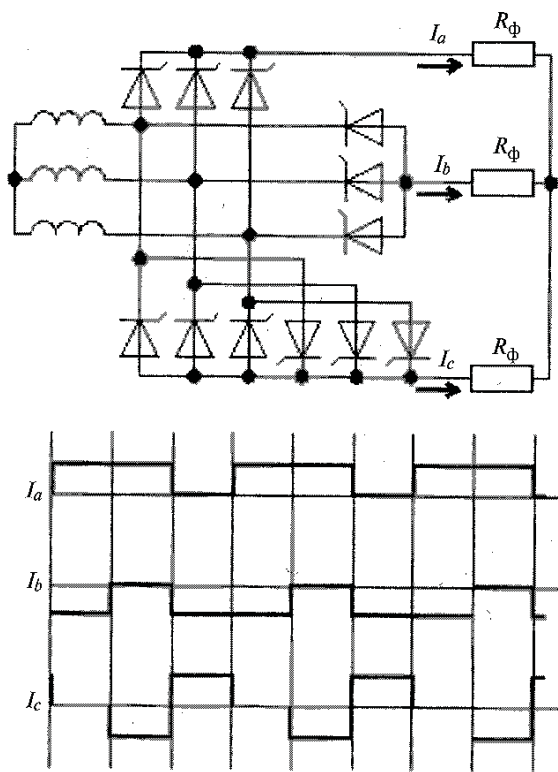


Рис. 3. Простейший трёхполюсный преобразователь с одной реверсивной группой

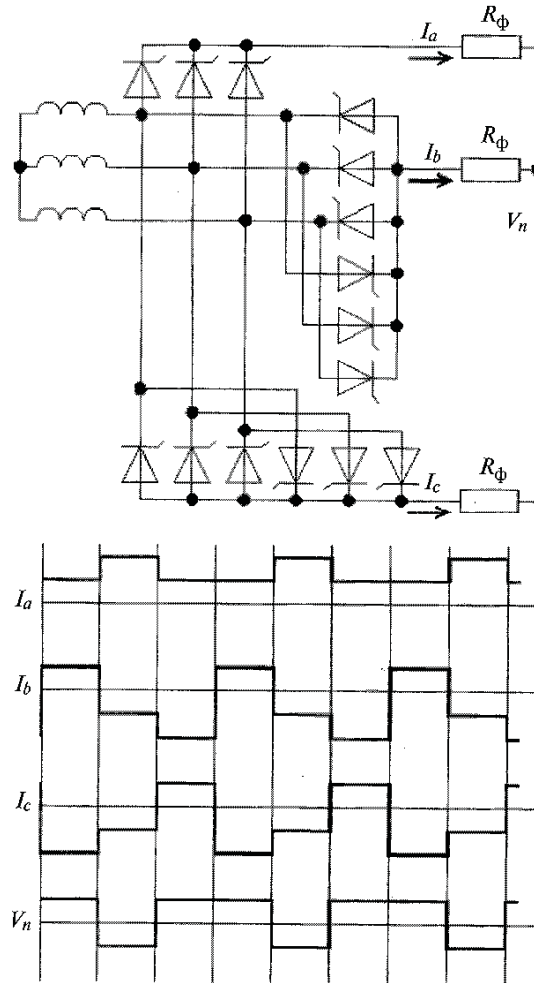


Рис. 4. Трёхполюсный преобразователь с двумя реверсивными группами

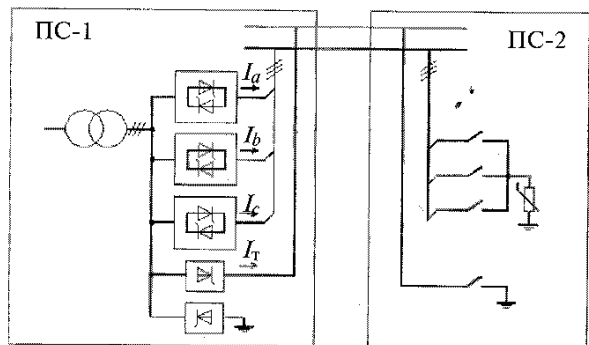


Рис. 5. Трёхполюсный непосредственный преобразователь частоты с выпрямителем для одновременной плавки гололёда на трёх фазных проводах и грозозащитном тросе

Некоторые варианты трёхполюсных преобразователей и формы их выходных токов представлены на рис. 3, 4.

В таблице приведены основные показатели (в относительных единицах) рассмотренных схем. В качестве базы для сравнения были взяты: ток — $I_{пл}$; напряжение — $R_{\phi} I_{пл}$; мощность — $R_{\phi} I_{пл}^2$; энергия — $R_{\phi} I_{пл}^2 T_{\phi}$.

Схема на рис. 4 содержит две реверсивных и одну нереверсивную группу, которая отличается от двух остальных токовой нагрузкой. Может оказаться целесообразным использовать в схеме три реверсивные группы; получив при этом полную схему трёхфазно/трёхфазного непосредственного преобразователя частоты [3, 4]. В ней все тиристорные вентили равнонагружены и могут быть унифицированы.

Для полного совмещения процессов плавки гололёда на фазных проводах и грозозащитном тросе схему трёхфазно/трёхфазного непосредственного преобразователя частоты нужно дополнить тиристорным выпрямителем, как показано на рис. 5. В этой схеме гололёд плавится одновременно на трёх фазах низкочастотным переменным током и на тросе постоянным током. Время плавления сокращается до $T_{\text{ф}}$, т.е. в 3–4 раза по сравнению с поочерёдным плавлением, а средневольтные коммутаторы для сборки схемы плавки упрощаются. Весь многополюсный преобразователь питается от одного трансформатора, такого же, как при поочерёдном плавлении. Усложняется и удорожается только сам вентильный преобразователь, так что удорожание системы плавления в целом оказывается незначительным.

Распознавание сигналов локационного зондирования в высокочастотном тракте линии электропередачи методом усреднения

МИНУЛЛИН Р.Г., ЛУКИН Э.И., ШАЙХУТДИНОВ Ф.Т., ХАЛИЛОВ Р.Г.

Решается проблема распознавания импульсных сигналов локационного зондирования среди технологических сигналов телемеханики, релейной защиты и связи, передаваемых по высокочастотным каналам линий электропередачи. Приводятся конкретные примеры обработки рефлектограмм.

Ключевые слова: линия электропередачи, помехи канала связи, локационный метод, распознавание сигнала, метод усреднения.

Локационное импульсное зондирование позволяет оперативно обнаруживать повреждения линий электропередачи (ЛЭП) с определением расстояния до них. В [1] подробно описан локационный способ диагностики состояния ЛЭП, показаны способы подключения зондирующей аппаратуры к ЛЭП, обсуждены методики распознавания отражённых

Список литературы

1. ТУ16-2006 ИЕАЛ.435610.001 ТУ. Выпрямители серии В-ТППД на номинальные выходные токи 1,6; 1,8 кА и номинальное выходное напряжение 14 кВ, климатическое исполнение УЗ.
2. ТУ16-2008 ИЕАЛ.435511.052 ТУ. Выпрямитель В-ТПП-1,35к-8к-УХЛ4.
3. Джюджи Л., Пилле Б. Силовые полупроводниковые преобразователи частоты. М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Жемеров Г.Г. Тиристорные преобразователи частоты с непосредственной связью. М.: Энергия, 1977.

Мустафа Георгий Маркович – заместитель начальника НИЦ «Комплекс» ФГУП «ВЭИ им. В.И. Ленина», канд. техн. наук. Окончил Харьковский политехнический институт в 1965 г. Защитил диссертацию по теме «Теория цепей и теория вентильных преобразователей, автоматическое управление в системах с вентильными преобразователями» в 1973 г.

Горюшин Юрий Александрович – главный эксперт ОАО «ФСК ЕЭС». Окончил МЭИ в 1972 г.

Гусев Станислав Иванович – главный эксперт ОАО «ФСК ЕЭС», канд. техн. наук. Окончил МЭИ в 1972 г. Защитил диссертацию в 1990 г.

Мишаев Геннадий Михайлович – главный конструктор ОАО «Электровыпрямитель». Окончил Мордовский ГУ им. Н.П. Огарева в 1971 г.

Артаев Николай Александрович – заместитель главного конструктора ОАО «Электровыпрямитель». Окончил Мордовский ГУ им. Н.П. Огарева в 1980 г.

The problem of pulse signals extraction of location probing among the technological signals of telemechanics, relaying and the communication, transferred on the high-frequency channel of transmission lines, is decided. The concrete examples of reflectogramme processing are resulted.

Key words: transmission line, carrier frequency interference, location method, signal extraction, averaging method.

сигналов, которые являются носителями информации об обрывах проводов, КЗ, однофазных замыканиях на землю, повреждениях изоляции, гололёдных образованиях и т.д.

Но высоковольтные ЛЭП напряжением 35 кВ и выше в большинстве случаев используются также для передачи сигналов технологической информации с помощью каналов вы-

сокоча-
30–100
ки, рел
ляются
нии и
Для
ные д
датчик
ной бо
лемеха
рийной
Амг
странё
зондир
ляют с
Соп
зывает
аппара
превы
ров. П
онного
парату
чей. В
дирова
быть г

Г

Ап
техно.

АВС-Ц

ПВЗУ-Е

АКСТ

Iskra SY

Для
экспе
Раз
вания
ской с
испол
ных и
ванны
дальн
сы ло
риоди
случа
Для
локац
сигна
режим