

ЭЛЕКТРО

панорама

10'2003

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



ассоциация
"ПРОМКАБЕЛЬ"

Покупайте с удовольствием!



www.promkabel.ua

ДОСТАВКА ПО УКРАИНЕ
кабель, провод
(044) 239-1555, 246-4030
электротехника, светотехника
(044) 239-9898

Магазины **ПАНА ЭЛЕКТРО** в Киеве

бул. Лепсе, 8, т. 453-10-20
ул. Коминтерна, 12, т. 244-29-14

пр. Науки, 17/15, т. 264-90-50
пр. Оболонский, 52-а, т. 233-03-22

ул. Хоревая, 2, т. 416-52-59
ул. Ревуцкого, 40, т. 237-71-20

Справка **ПАНА ЭЛЕКТРО** : тел. (044) 206-77-77

ВЗЛЕТ И ПАДЕНИЕ

РТУТНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

Ю.В. Черников

В конце 19-го и начале 20-го веков определилась потребность в преобразовании переменного тока в постоянный в тех отраслях промышленности, где постоянный ток необходим по самому роду производства или его применение экономически выгодно по сравнению с системой переменного тока и удобно с точки зрения технической эксплуатации.

К таким отраслям относятся заводские установки электролиза, регулируемые в широком диапазоне скоростей, реверсируемые электроприводы прокатных станов и шахтных подъемных установок, системы питания постоянным током электрифицированного транспорта.

Для решения этой задачи преобразования переменного тока в постоянный и был в это время изобретен ртутный выпрямитель, который нашел наибольшее применение в технике сильных токов.

Ртутный выпрямитель [1, 2] основан на использовании вольтовой дуги в разреженном воздушном пространстве, когда отрицательным электродом является ртуть, а в качестве другого электрода служит какой-либо металл (железо, никель, платина) или графит.

Ртутный катод располагают внизу сосуда с выкачанным приблизительно до давления в 0,1 Па воздухом, чтобы сгущающиеся пары ртути могли возвращаться обратно к катоду. В первых образцах ртутных выпрямителей для начала его действия колбу наклоняли так, чтобы оба электрода соединялись тонкой струйкой ртути.

В разреженном пространстве ртуть испаряется уже при сравнительно низких температурах. Поэтому теплота, выделявшаяся при прохождении тока через струю ртути, достаточна для ее испарения и заполнения всей колбы парами ртути.

В дальнейшем при прохождении тока в виде дуги в ртутных парах на поверхности ртутного катода образуется небольшое очень светлое пятно (кратер), раскаленное до 2600 – 3000 °С. Электропроводность пространства, заполненного ртутными парами, поддерживается ионизацией этих паров, происходящей от ударов электронов, испускаемых раскаленным кратером ртути. Поэтому основным условием существования дуги являются высокая температура пятна катода и непрерывность тока.

При перерыве тока или его уменьшении до значения ниже некоторого минимального значения ионизация паров ртути исчезает и дуга гаснет. Чтобы после этого привести в действие ртутный выпрямитель, снова приходилось производить зажигание наклонением колбы.

Дуговой разряд в ртутном вентиле обладает тем свойством, что разность потенциалов между анодом и катодом (падение напряжения в дуге ΔU_{α}) остается почти неизменной (порядка 18 + 25 В) независимо от протекающего через него тока.

Если к вентилю приложить напряжение обратной полярности, дугового разряда не будет, потому что при нормальном состоянии графитового анода на нем не возникает катодного пятна и он не обладает способностью эмитировать (отдавать) электроны.

Указанные свойства ртутного выпрямителя как раз и используются для выпрямления тока.

При питании вентиля переменным напряжением анодный ток в конце каждого положительного полупериода снижается до нуля, поэтому для автоматического возобновления дугового разряда в очередной положительный полупериод в ртутном выпрямителе создавалась вспомогательная дуга (дуга возбуждения), существующая непрерывно или зажигаемая периодически с частотой питающего напряжения.

При таком возбуждении ртутного выпрямителя имеется возможность получать от него постоянный ток какой угодно малой силы и совсем выключать цепь постоянного тока без прекращения действия выпрямителя.

Регулирование напряжения выпрямителя обычно совершалось путем изменения подводимого напряжения переменного тока, причем для этой цели применялся ступенчатый трансформатор.

Впервые вольтова дуга в виде дугового разряда на постоянном токе в воздухе была получена в 1802 г. русским ученым В. В. Петровым, который исследовал явления прохождения электрического тока в разреженном пространстве (разрежение достигало 7 + 10 мм. рт. столба) [3].

В. В. Петров специально исследовал влияние формы материалов электродов (древесный уголь, серебряный стакан, медный шарик, железная проволока), полярности их подключения на характер наблюдаемых явлений и показал, что «свет дуги оказывается сильнее при определенной их полярности».

В. В. Петров настолько опередил свое время, что его труды только в конце XIX века начали внимательно изучать.

В 1902 г. Питер Купер Хевитт, американский инженер-электрик, изобрел и впервые построил использующий вольтову дугу стеклянный выпрямитель с парами ртути, который применялся для преобразования переменного тока в постоянный [4, 5].

Металлический ртутный выпрямитель был построен в США П. К. Хевиттом в 1905 г. и в 1908 г. Ч. П. Штейнметцем.

В Европе первый металлический ртутный выпрямитель был построен в 1910 г. Бела Жефером, а в СССР – в 1925 г. В.К. Крапивиным [6]. Первый стеклянный выпрямитель в СССР был построен В. П. Волгодиным в 1921 г.

Первая опытная установка с выпрямителями была создана в США в 1913 г. (Вестингауз), а в Европе в 1915 г. (Брун-Бовери).

На рис. 1 представлены трех- и шестианодные стеклянные колбы ртутных выпрямителей фирмы Сименс и Шуккерт.

Способ формирования и поддержания вспомогательной дуги на катоде положил начало двум вариантам исполнения ртутных вентилях: игнитронов и экситронов.

Кратковременно существующая дуга зажигания в игнитронах создается в каждый период переменного напряжения с некоторым опережением против начала положительного анодного напряжения, а кратковременно существующая дуга зажигания в экситронах создается эпизодически перед включением ртутного вентиля в работу, а затем функции поддержания вспомогательного катодного пятна переходят к непрерывно существующей дуге возбуждения.

Значительным прогрессом в конструкции и применении ртутного выпрямителя являлось открытие Эрвином Лангмюиром в 1914 г. принципа сеточного управления, использованного в 1922 г. Тулоном для регулирования напряжения, в результате чего ртутный выпрямитель превратился в универсальный преобразователь с синхронным зажиганием.

До наступления требующегося момента зажигания отрицательная по отношению к катоду сетка не пропускает электроны через свои отверстия в преданодное пространство, препятствуя тем самым развитию основной дуги.

Изменением момента подачи на сетку положительного потенциала, превосходящего отрицательное напряжение смещения, можно регулировать среднее значение выпрямленного напряжения от нуля до максимального значения. Это свойство ионного регулируемого вентиля позволило использовать его в качестве преобразователя энергии переменного тока в энергию постоянного тока. Тем самым удалось заменить генератор в системе генератор-двигатель, изобретенной в 1891 г. американским инженером Вард-Леонардом и усовершенствованной в 1903 году К. Ильгнером путем введения в нее тяжелого махового колеса, выравнивающего колебания нагрузки. Система генератор-двигатель нашла самое широкое применение в промышленности в первой половине прошлого века.

Управляемые ртутные выпрямители по сравнению с электромашинными преобразователями имеют следующие преимущества: более высокий КПД, меньшие габариты, у них отсутствуют вращающиеся части. Но наиболее существенным их преимуществом являлось превосходство динамических характеристик: регулирование напряжения в широком диапазоне, огромное усиление мощности и почти полное отсутствие инерции в реакции выпрямленного напряжения на сигнал управления. Электрические машины плохо удовлетворяли потребности автоматизации управления, главным образом, из-за инерции магнитных полей при управлении со стороны возбуждения, которая во многих случаях превышает механическую инерцию вращающихся масс. Поэтому управляемые ртутные выпрямители с самого начала их появления стали использовать для автоматизации управления.

В 1931-1933 гг. Слепая и Людвиг в лаборатории фирмы Вестингауз (США) создали первый инвертор.

В конце 30-х годов прошлого века шведская фирма ASEA ввела в эксплуатацию привод прокатного стана, у которого двигатель постоянного тока питался от управляемых выпрямителей. Система автоматического управления этого привода, выполненная на магнитных усилителях, содержала все основные элементы современных систем автоматического управления. Она обеспечивала: стабилизацию напряжения на любом уровне; регулирование скорости; компаундирование по току нагрузки, позволяющее получить не только строгую стабильность заданного уровня скорости, но и любое снижение или возрастание ее с увеличением нагрузки; автоматическое ограничение тока при статических и динамических нагрузках.

В СССР в 30-е годы было освоено производство стеклянных и металлических ртутных выпрямителей. По состоянию на начало 1937 г. только один завод «Электросила» им. Кирова выпустил 841 выпрямитель на общую мощность в 644080 кВт [7].

В 1939 г. в ВЭИ был разработан электропривод постоянного тока с большим диапазоном регулирования и с электрон-

ной системой управления и питанием двигателя от тиратрона или ртутного выпрямителя [8].

Следующим шагом в этом направлении была разработка ВЭИ, ЛПИ и ХЭМЗ реверсивного электропривода шахтной подъемной машины, электродвигатель которой питался от управляемого ртутного выпрямителя. Установка была пущена в эксплуатацию в 1940 г.

Первый промышленный образец бесступенчатого электронно-ионного регулятора для металлорежущих станков был предложен специалистами ЭНИМС в 1940 г.

В 1941 – 1943 гг. в СССР был начат выпуск металлических одноанодных ртутных выпрямителей с сеткой. На рис. 2 показан выпрямитель из шести одноанодных блоков.

Конец 40-х годов и 50-е годы были периодом взлета ртутного выпрямителя. В эти годы на основе ртутных выпрямителей советской промышленностью были созданы: линии электропередачи постоянного тока высокого напряжения; ионные возбуждители гидрогенераторов мощностью 300000 кВт; электроприводы шахтных подъемников и прокатных станов; выпрямительно-инверторные агрегаты для электрификации железных дорог; тяговые приводы; большое число выпрямителей для электролиза и электрохимической промышленности и многое другое.

В это время ртутные выпрямители в указанных выше областях применения победно шествовали по всему миру.

Но, как сказал английский писатель Фредерик Форсайт, «все хорошее когда-нибудь кончается».

Это «хорошее» для ртутных выпрямителей закончилось ввиду появления в конце 60-х и начале 70-х годов прошлого века полупроводниковых тиристорных и симметричных тиристорных, которые имеют существенные преимущества перед ионными вентилями, а именно [9, 10]:

- значительно меньше падение напряжения при номинальном токе (1,0 – 1,5) вместо 15 – 20 В у ионных вентилях;
- значительно меньшие габариты и масса;
- более широкий допустимый диапазон рабочих температур (от - 60 до + 150 °С);

- меньшая продолжительность включения и восстановления управляемости вентиля после окончания протекания рабочего тока;

- мгновенная готовность к работе;
- более высокая механическая прочность и стойкость к воздействию ударных и вибрационных сотрясений, большая надежность, возможность работы в любых положениях в пространстве, больший срок службы;

- бесшумность и отсутствие вакуума;
- отсутствие необходимости в постоянном обслуживании;

- меньшая мощность управления и больший коэффициент усиления мощности.

Следует отметить отдельные случаи разработки и применения преобразователей частоты на ионных вентилях для регулирования скорости асинхронных двигателей переменного тока. Однако эти устройства из-за их громоздкости, низкого КПД и высокой стоимости не получили распространения [11].

Отказ от применения ртутных выпрямителей был плавным, они применялись еще долгие годы.

В настоящее время они не используются в промышленности, в современных учебниках сведения о них отсутствуют или крайне скудны, но это несколько не умоляет той роли, которую сыграли ртутные выпрямители в развитии силовой преобразовательной техники.

Литература

1. Советская энциклопедия, 1930. – С. 694 – 703.
2. Большая советская энциклопедия. Том 37.-М. 1955. – С. 269 – 270.
3. Техническая энциклопедия. Том 4/ Под ред. Л. К. Мартенса. – М.: Шнейберг Я. А. Василий Владимирович Петров. 1761-1834. – М.: Наука, 1985. – 224 с.
4. Каганов И. Л. Электронные и ионные преобразователи. – М.: ГЭИ, 1940. – с. 9.
5. Biographies of Hewitt available in the Internet. – 3 p.
6. Булгаков А. А. Новая теория управляемых выпрямителей. – М.: Наука, 1970. – 320 с.
7. Металлические ртутные выпрямители: Технический справочник. – М.: Л.: Каталогиздат, 1938. – С. 6.
8. Голован А. Т. Основы электропривода. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1959. – С. 13 – 24.
9. Управляемые полупроводниковые вентили / Ф. Джентри, Ф. Гутцвиллер, Н. Головань, Э. Фон Застров. – М.: Мир, 1967. – 455 с.
10. Кремниевые вентили./ Под ред. С. Б. Юдицкого. – М.: Энергия, 1968. – 304 с.
11. Ривкин Г. А. Преобразовательные устройства. – М.: Энергия, 1970. – С. 493.

рис. 1

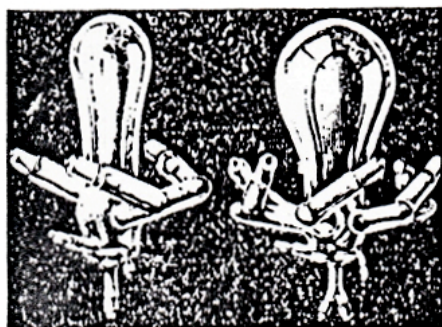


рис. 2

