Записки Ленинградского горного института, т. VIII, 1934
Annales de l'Institut des Mines à Leningrade, vol. VIII, 1934

О применении синхронного двигателя в качестве умформерного мотора в схеме электрификации рудничного подъема по сист. Ильгнера-Леонарда

Проф. Ф. Н. Шклярский

About the application of the synchronous motor as the main motor in the system of the motor-generator set with flywheel suitable to the mining hoist

F. Shklarski

Обычно в системе Ильгнера-Леонарда в качестве умформерного мотора применяется, как известно, асинхронный двигатель, который, благодаря наличию особого регулятора скольжения, дает возможность соответственным образом изменять скорость вращения маховика и тем самым производить в нужные моменты его зарядку и разрядку; при этом $\cos\varphi$ подъемной установки получается не особенно высоким [1]). Применение в указанной системе синхронного умформерного мотора дало бы возможность улучшить $\cos\varphi$ установки, что в эксплоатационном отношении является крайне желательным.

Задача применения в системе Ильгнера-Леонарда в качестве умформерного мотора синхронного двигателя разрешена недавно фирмой Metropolitan-Vickers путем применения гидравлического регулятора скольжения, основной составной частью которого является гидравлическая муфта, присоединенная, с одной стороны, к валу умформерного мотора, с другой — к валу, на который насажены маховик и пусковая динамо.

Устройство гидравлической муфты может быть уяснено из рис. 1, где представлен ее поперечный разрез. Цифрой *1* обозначено рабочее колесо (impeller), прочно укрепленное на валу умформерного мотора; указанное колесо, отдельно изображенное на рис. 2, снабжено на рабочей стороне радиальными ребрами, из которых длинные *a* и скошенные *b* [2]) взаимно чередуются. На рис. 1 крышка *3* и наружный кожух *4* прочно соединены с рабочим колесом *1*, так что все три указанные части составляют как бы одно целое с валом умформерного мотора. При своем вращении колесо

[1]) Если не считать установок, снабженных предложенным фирмой Siemens-Schuckertwerke регулирующим агрегатом, который заменяет применяемый обычно регулятор скольжения. Наличие указанного регулирующего агрегата дает возможность не только повышать $\cos\varphi$ установки до 1, но даже получать опережение тока по отношению к приложенному напряжению. Необходимо при этом заметить, что потери, связанные с применением регулирующего агрегата, значительно меньше, чем при регуляторе скольжения, однако стоимость машины в последнем случае ниже, да и сам способ регулировки скольжения путем изменения сопротивления проще (см. Ф. Н. Шклярский. Электрификация рудничного подъема. 1932, стр. 328—330).

[2]) На рис. 1 буквой *b* отмечена скошенная часть указанного ребра.

1 играет роль центробежного насоса, в который поступает масло из особого напорного резервуара [1]). Расположенное концентрично с колесом *1* второе колесо (ротор

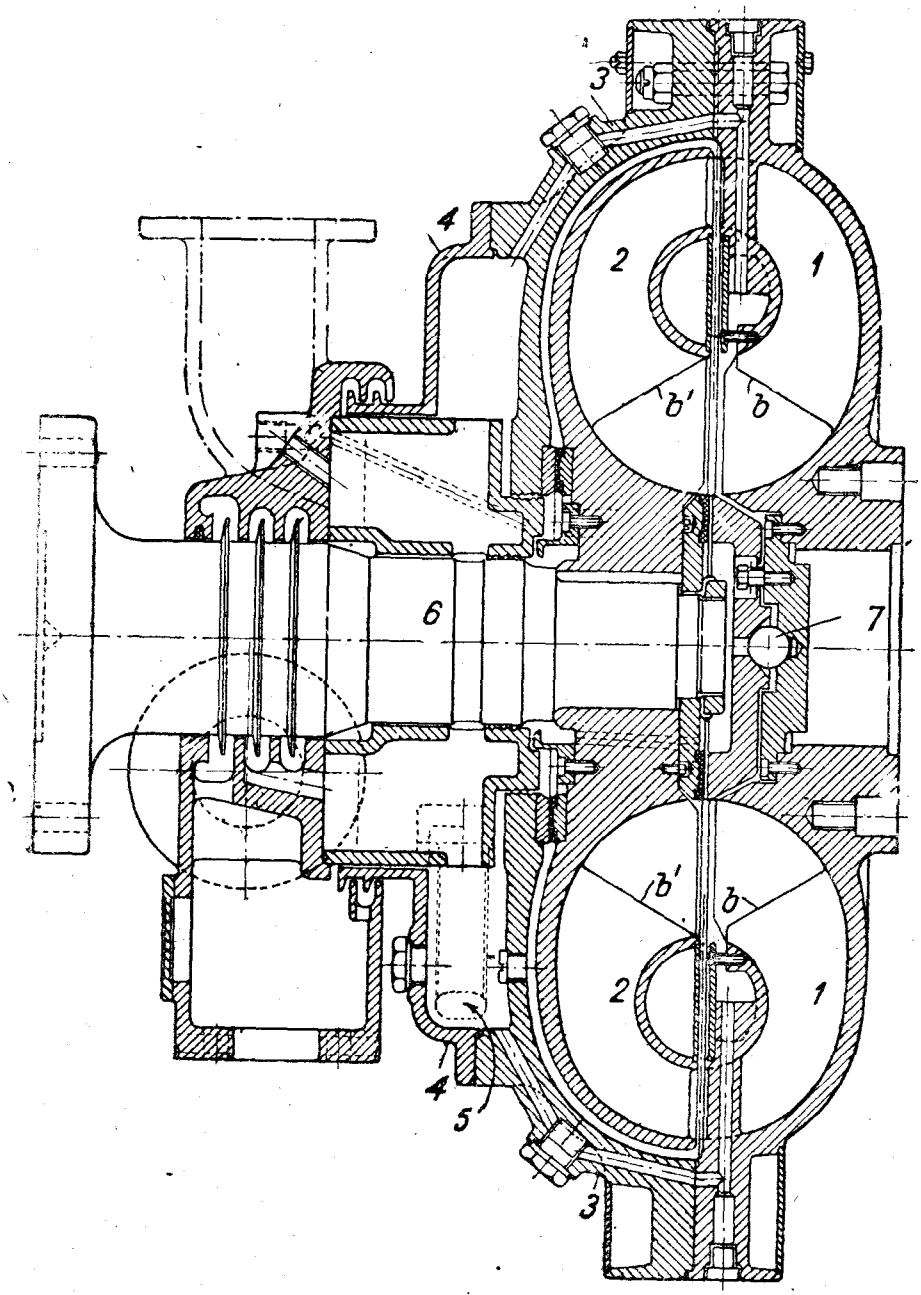


Рис. 1. Поперечный разрез гидравлической муфты.

runner) *2*, отдельно представленное на рис. *3*, играет роль турбины. Масло, увлекаемое колесом *1*, приводит во вращение колесо *2*, которое соединено с валом маховика и пусковой динамо.

Колесо *2* (рис. 3), по аналогии с колесом *1*, снабжено длинными ребрами a' и

[1]) Обозначенного буквой *F* на рис. 4.

скошенными b' [1]). Как видно из рис. 1, смонтированные вместе колеса *1* и *2* своими рабочими частями образуют кольцо эллиптического сечения.

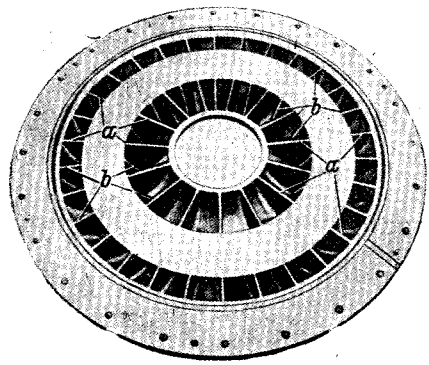


Рис. 2. Насосное (рабочее) колесо (impeller) гидравлической муфты.

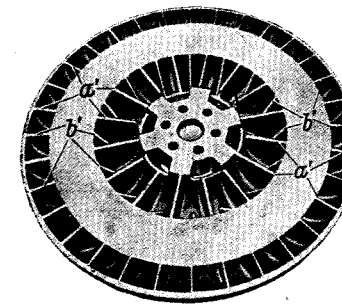


Рис. 3. Турбинное колесо — ротор (runner) гидравлической муфты.

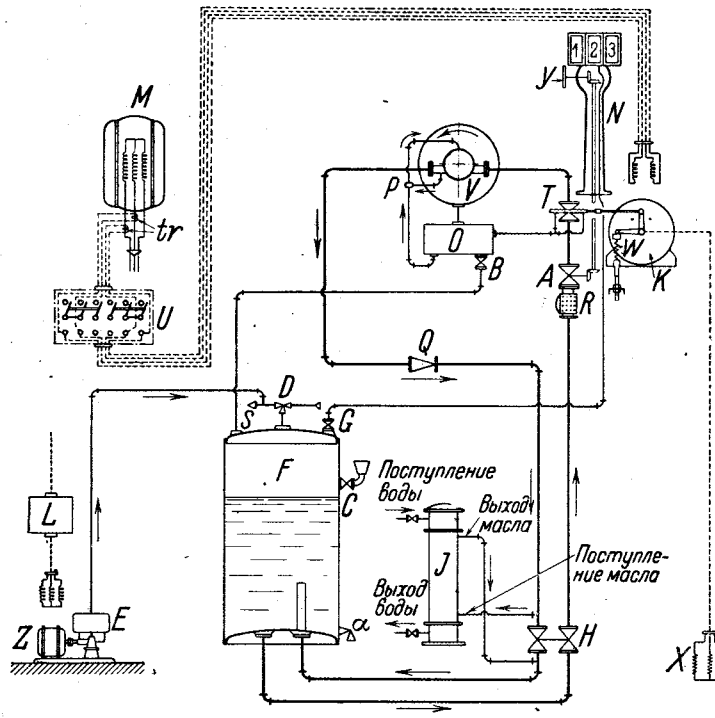


Рис. 4. Схема включения гидравлического регулятора скольжения.

Из остальных обозначений на рис. 1 укажем на следующие. *5* — трубка, по которой отработанное масло из гидравлической муфты направляется в напорный резервуар [2]), *6* — головка вала муфты, соединенная с валом маховика и пусковой динамо; *7* — шарик, служащий для центрирования колеса *1*.

Скорость вращения турбинного колеса *2* (рис. 1 и 3), зависит от количества масла, поступающего в гидравлическую муфту и вращающего указанное колесо [3]): с увеличением количества масла скорость вращения колеса *2* увеличивается, а следовательно скольжение маховика уменьшается, в результате чего происходит зарядка последнего; наоборот, уменьшение поступления в гидравлическую муфту масла служит причиной уменьшения скорости вращения колеса *2*, что обусловливает соответственное увеличение скольжения маховика, сопровождающееся его разрядкой.

[1]) На рис. 1 буквой b' отмечена скошенная часть указанного ребра.

[2]) Резервуар *F* на рис. 4.

[3]) Устройство и принцип действия рассматриваемой гидравлической муфты, примененной фирмой Метрополитен-Виккерс к системе Ильгнера-Леонарда, аналогичны таковым у гидравлического трансформатора Фетингера, применяемого между прочим для уменьшения скорости вращения при передаче от паровой турбины к гребному винту у парохода (проф. Л. Б. Левенсон. Кинематика механизмов. 1923, стр. 152).

Что касается необходимого регулирования поступающего в гидравлическую муфту масла, то оно осуществляется автоматически при помощи регулировочного вентиля, управляемого посредством особого сервомотора.

Принцип действия всего устройства может быть уяснен из рассмотрения представленной на рис. 4 схемы, где приведены следующие обозначения.

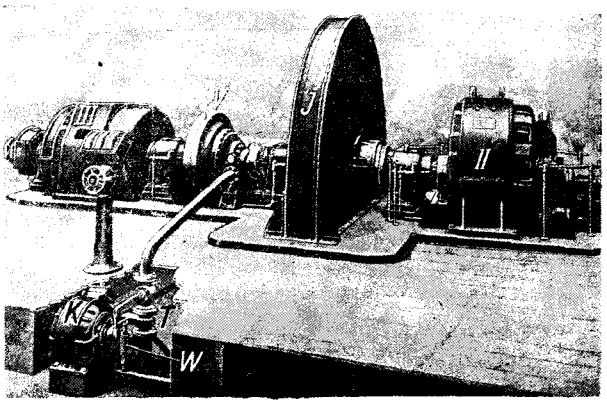


Рис. 5. Общий вид умформерного агрегата подъемной установки на руднике Broken Hill South.

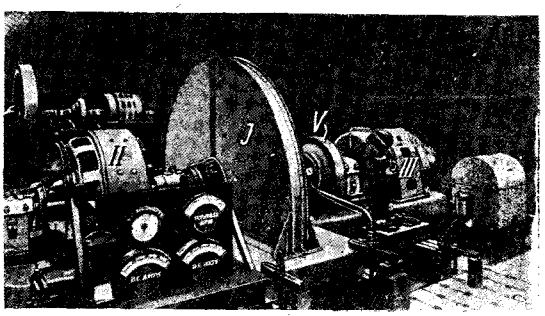


Рис. 6. Общий вид умформерного агрегата подъемной установки на руднике Linc (Corporation New South Wales).

A — запорный вентиль (клапан), приводимый в действие от ручного маховичка Y, служит для прекращения доступа масла из напорного резервуара F в гидравлическую муфту V, с целью прекращения действия последней; при отсутствии масла в указанной муфте вращение рабочего колеса, производимое умформерным мотором, не передается турбинному колесу муфты, ввиду чего соединенные с последним колесом маховик и пусковая динамо находятся в покое; B — спускной клапан в приемном резервуаре O для масла, получаемого вследствие утечки; резервуар O опорожняется посредством эжектора P, действующего в результате падения давления в гидравлической муфте V; благодаря подобному устройству масло, собирающееся в указанном резервуаре, подается эжектором обратно к насосной части муфты V, откуда попадает в напорный резервуар F; C — воронка для наполнения резервуара F; D — трехходовой кран; E — электрический компрессор, служащий для создания в напорном резервуаре F начального давления величиною $10\ \frac{\text{фунт}}{\text{дюйм}^2} = 0{,}7\ at$; когда гидравлическая муфта придет в действие, компрессор E выключается за ненадобностью, так как тогда необходимое давление в указанном резервуаре поддерживается автоматически насосным действием муфты. G — остановочный клапан (isolating stop valve); H — автоматический клапан (вентиль), имеющий целью прекращение притока масла к гидравлической муфте в случае падения скорости ее насосного колеса (impeller'a) до значения, при котором насосное действие муфты оказалось бы недостаточным для циркуляции масла; указанное падение скорости может иметь место например при отключении муфты от умформерного мотора. J — охладитель масла; K — сервомотор, назначение которого состоит в управлении клапаном T, регулирующим подачу масла в гидравлическую муфту V. Указанный сервомотор питается от вторичной обмотки трансформатора tr, первичная обмотка которого включена в главную цепь, питающую умформерный синхронный мотор M. С увеличением нагрузки подъемного двигателя, а следовательно и умформерного мотора, сервомотор K увеличивает создаваемый им момент, действуя тем самым на вентиль T в сторону соответственного уменьшения количества масла, поступающего к насосному колесу муфты V; в результате указанного действия соответственным образом уменьшится момент, передаваемый турбинному колесу означенной муфты, а так как последнее колесо связано с маховиком, то при этом получится увеличение его сколь-

жения, каковое обстоятельство послужит причиной разрядки маховика. Наоборот, с уменьшением нагрузки подъемного двигателя, а следовательно умформерного мотора, момент, развиваемый сервомотором K, уменьшится, вследствие чего последний подействует на регулировочный вентиль T в сторону увеличения впуска масла в муфту V; в конечном результате произойдет уменьшение скольжения маховика, который при этом станет запасать энергию, т. е. заряжаться. Пружина W создает момент, направленный противоположно моменту сервомотора K; изменение напряжения этой пружины дает возможность соответственным образом регулировать действие сервомотора на вентиль T; L — выключатель компрессорного мотора Z; M — умформерный (синхронный) мотор. N — колонка с тремя измерительными приборами: один из них, отмеченный цифрой *1*, градуирован на мощность в лош. силах (HP),

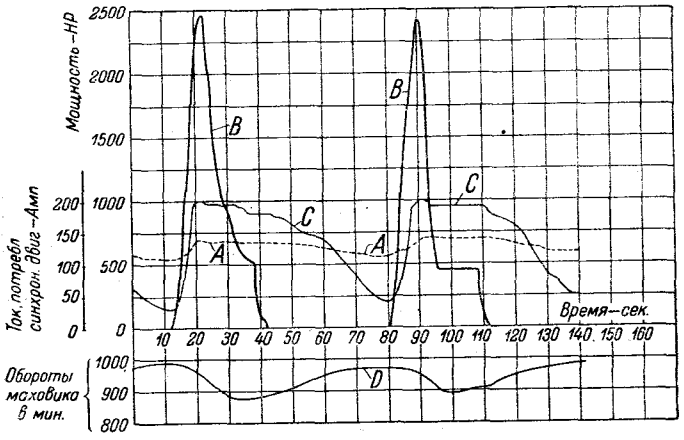


Рис. 7. Кривые, зарегистрированные для установки, представленной на рис. 5.

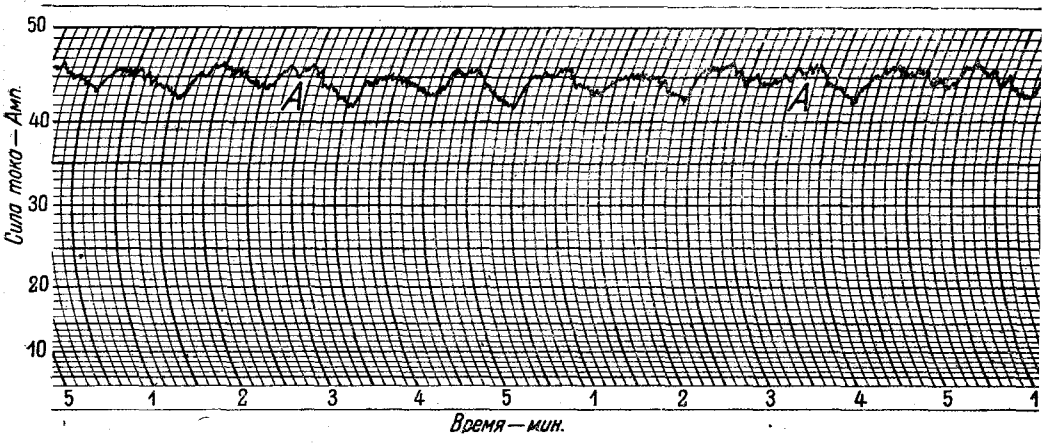


Рис. 8. Кривая тока, потребляемого умформерным синхронным мотором.

он показывает нагрузку умформерного мотора; второй прибор, обозначенный цифрой *2*, показывает давление в напорном резервуаре F; третий прибор, отмеченный цифрой *3*, представляет собой вольтметр, градуированный на обороты в минуту; он показывает скорость вращения маховика и пусковой динамо. Q — клапан прямого действия; R — масляный фильтр; S — вспомогательный клапан; U — выключатель сервомотора K; X — роторный реостат последнего.

На рис. 5 и 6 представлен общий вид умформерных агрегатов, оборудованных синхронным мотором *III* и гидравлической муфтой V, составляющей патент фирмы Metropolitan-Vickers [1]).

[1]) На рис. 5 виден агрегат подъемной установки рудника Broken Hill South; на рис. 6 — установка на руднике Zinc Corporation (New South Wales). Некоторые данные относительно этих установок приведены в таблице, помещенной в конце статьи.

Количество подъемных установок	Подъемный двигатель: Мощность Норм.	Подъемный двигатель: Мощность Максим.	Подъемный двигатель: Скорость	Система передачи от подъемного двигателя к барабану	Подводимый к установке ток: Напряжение	Подводимый к установке ток: Периоды	Данные подъема: Глубина шахты		Данные подъема: Скорость подъема		Данные подъема: Полезная нагрузка		Наименование предприятия и местности
	HP		об/мин.		V		футы	*m*	футы/мин	*м/сек*	фунты	*кг*	
2	1 350	2 700	280	Зубчатая передача	3 300	50	2 500	762	1 500	7,62	19 000	8 618	Anglo-American Corporation of S. A. Ltd. N'Kana, N. Rhodesia.
2	1 300	2 600	275	Зубчатая передача	3 000	50	1 100	335	1 404	7,13	20 000	9 072	Roan Antelope Copper Mines Ltd., Luanshys, N. Rhodesia.
1	1 100	2 200	86,0	Зубчатая передача	6 600	40	1 700	518	2 700	13,72	4 480	2 032	North Broken Hill Ltd., Main Shaft Broken Hill, N. S. W.
2	1 085	2 170	55,7	Непосредственное соединение	6 600	40	2 780	847	1 740	8,84	13 440	6 096	North Broken Hill Ltd., Broken Hill, N. S. W.
2	875	1 800	55,7	Непосредственное соединение	6 600	40	2 090	637	1 750	8,89	11 200	5 080	Broken Hill South Ltd., № 7 Shaft, Broken Hill, N. S. W. [1]
1	700	1 400	53,2	Непосредственное соединение	6 600	40	2 852	869	1 746	8,87	7 840	3 556	Zinc Corporation Ltd., Broken Hill, N. S. W. [2]
1	370	740	350	Зубчатая передача	3 000	50	660	201	1 345	6,83	4 480	2 032	Barber, Walker & Co Ltd., Watnall, Eastwood, Notts.

[1] См. рис. 5.
[2] См. рис. 6.

Из остальных обозначений на указанных фигурах укажем на следующие: J — маховик, II — пусковая динамо, K — сервомотор, T — клапан, регулирующий подачу масла в гидравлическую муфту V; W — пружина, создающая момент, противоположный моменту сервомотора K.

На рис. 7 представлена часть диаграммы, снятой осциллографом для установки, изображенной на рис. 5. Обозначения следующие: B — кривая мощности, развиваемой пусковой динамо; C — кривая мощности, потребляемой синхронным умформерным мотором; A — кривая тока, потребляемая указанным умформерным мотором [1]); D — кривая, дающая изменение числа оборотов маховика.

На рис. 8 представлена кривая тока A—A, потребляемая умформерным синхронным мотором одной подъемной установки, при наличии гидравлического регулятора скольжения (муфты) фирмы Metropolitan-Vickers.

В помещенной на стр. 213 таблице приведены некоторые данные, относящиеся к подъемным установкам, электрифицированным по системе Ильгнера-Леонарда, с применением синхронного умформерного мотора и гидравлического регулятора скольжения фирмы Metropolitan-Vickers.

Литература

Проспект фирмы Metropolitan-Vickers: Hydraulic slip regulator equipments for flywheel motor-generator sets of Ward-Leonard winders (№ 747/8—1; 6.32).

Summary

The use of the motor-generator set with a flywheel (Ward-Leonard-Ilgner) as a main-motor of the synchronous motor is dictated by the presence of a hydraulic coupling connecting the main motor shaft with a shaft on which a variable-voltage dynamo and a flywheel are set.

The mentioned coupling substitutes the flywheel automatic slip regulator, working under the constant number of revolutions of the synchronous main-motor.

In this article the description is given concerningthe installation of the hydraulic coupling as well as the idea of it's use for Ward-Leonard-Ilgner system with the synchronous main-motor.

---

[1]) На рис. 7 кривая мощности C и кривая тока A синхронного умформерного мотора имеют примерно одинаковый характер изменения в периоды полной нагрузки и отличаются в периоды уменьшенной нагрузки, каковое обстоятельство обусловлено ухудшением значения $\cos\varphi$ в последние периоды.