

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.316. 621.313

Е.К.Ещин

### УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

Электротехническая промышленность выпускает ряд устройств компенсации реактивной мощности (КРМ). К ним относятся, например, регулируемые конденсаторные установки (КРМТ, КРМТФ) на базе тиристорных ключей для резко переменной нагрузки с мощностью установок в диапазоне 20–1500 кВАр, числом ступеней регулирования до 12 и временем переключения ступеней до 0,02 сек.

При эксплуатации систем электроснабжения (СЭС) с электродвигательной нагрузкой в виде асинхронных электродвигателей (АД), работающих с переменным моментом сопротивления, где существенно влияние изменения состояния одного электродвигателя на состояние остальных, проблема КРМ в СЭС заслуживает особого внимания.

В этой связи представляет интерес определение возможного характера изменения необходимых величин компенсирующих емкостей конденсаторных установок в варианте индивидуальной КРМ АД, эксплуатируемых в упомянутых выше условиях.

Объект (СЭС) будем описывать по [1]. Цель управления – обеспечение требуемого уровня

компенсации реактивной мощности (уровня величины  $\cos(\phi)$ )

$$J = \inf_{\forall C} \left( \int_{t_0}^t \sum_{i=1}^n (\cos(\varphi_i)_Z - \cos(\varphi_i))^2 dt \right)$$

где  $\cos(\varphi_i)_Z$ ,  $\cos(\varphi_i)$  – необходимые (задаваемые) и мгновенные значения косинусов  $\Phi$ .

Управляющими воздействиями будем считать компенсирующие емкости конденсаторных установок, учитывая, что их величины могут изменяться дискретно. Математическая модель СЭС с индивидуальными устройствами КРМ приведена в [2].

Рассмотрим примеры по рис.1, 2. На этих схемах параметры АД как в [2] – АВР280Л4. Сечения кабелей по уровням: 120, 95, 75  $\text{мм}^2$  (см. рис.3,4).

Воспользовавшись идеологией управления, основанной на использовании скользящих режимов [3] получим ряд результатов для расчетных условий, приведенных на рис.3,4.

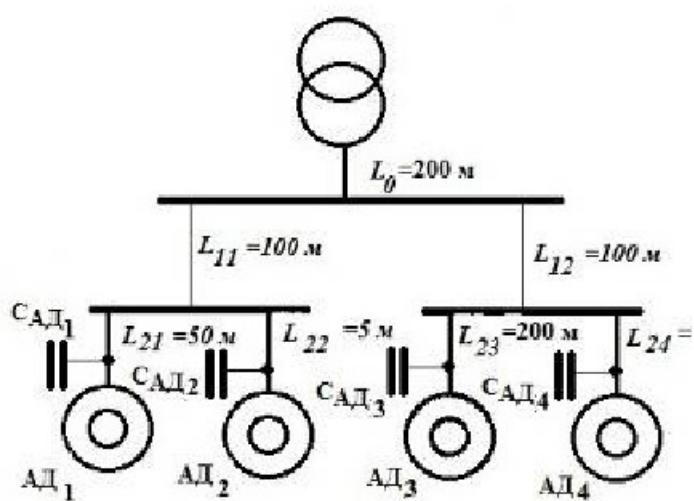
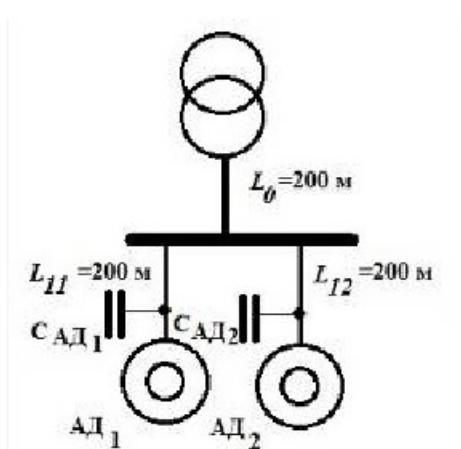


Рис. 2 Расчетная схема СЭС с 2-мя АД

Рис. 2 Расчетная схема СЭС с 4-мя АД

Напряжение на трансформаторе, В - 1140	Число уровней М = 1	Время включения КРМ, С - 1.5
Время включения и отключения двигателей		
Тока, С = 0.1 0.5	Время расчета, С = 3	
Токи, С = 3 3	АД1 АД2	
Длины кабелей по уровням, км		
Ур.0 0.0		
Ур.1 0.1 0.2		
Активные сопротивления кабелей, Ом		
0.040		
0.052 - 0.056		
Параметры электродвигателей и нагрузки		
Хг.Он Хм.Он Я.кгн2 Мс.Нм р. О1.Нм Я1.Гц С1.рел О2.Нм Я2.Гц С2.рел О3.Нм Я3.Гц С3.рел		
АД1 0.405 14.60 2.4 1000 2 500 3 0 250 9 0 100 10 1		
АД2 0.405 14.60 2.4 2200 2 0 7 1.57 0 9 0.57 0 10 10 1		
Сечения кабелей по уровням, км.мм.		
Ур.0 95		
Ур.1 75	75	
Емкости компенсирующих устройств, мкФ		
АД1 АД2	72.2	
Со = 72.2 72.2		
Нужные значения COS(Ф)		
АД1 АД2	0.820 0.830	

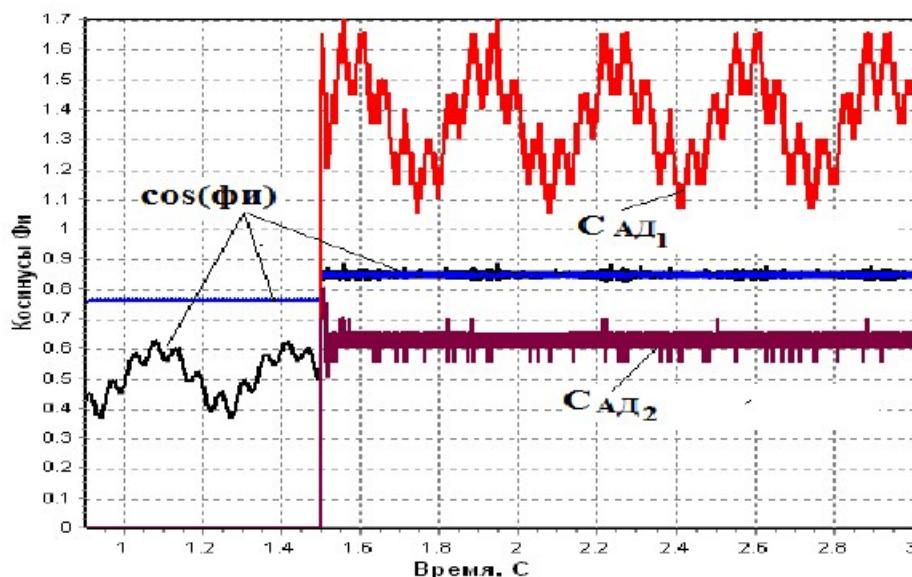
Рис. 3 Условия расчета КРМ для схемы по рис.1

Тока, С = 0.1 0.3 0.5 0.7	Число уровней М = 1	Время включения КРМ, С - 1.5
Токи, С = 3 3 3 3	АД1 АД2 АД3 АД4	
Длины кабелей по уровням, км		
Ур.0 0.2		
Ур.1 0.1 0.1		
Ур.2 0.05 0 0.2 0		
Активные сопротивления кабелей, Ом		
0.040		
0.052 0.052		
0.040 0 0.056 0		
0 0 0 0		
Параметры электродвигателей и нагрузки		
Хг.Он Хм.Он Я.кгн2 Мс.Нм р. О1.Нм Я1.Гц С1.рел О2.Нм Я2.Гц С2.рел О3.Нм Я3.Гц		
АД1 0.191 0.682 0.405 14.60 2.4 1000 2 400 5 0 250 9 0 100 10		
АД2 0.191 0.682 0.405 14.60 2.4 1500 2 250 7 1.57 0 9 0.57 5 10		
АД3 0.191 0.682 0.405 14.60 2.4 800 2 0 4 3.14 350 9 1.14 35 10		
АД4 0.191 0.682 0.405 14.60 2.4 1800 2 200 2 4.71 0 9 1.71 10 10		
Сечения кабелей по уровням, км.мм.		
Ур.0 120		
Ур.1 90	95	
Ур.2 *	75	
Нужные значения COS(Ф)		
АД1 АД2 АД3 АД4	72.2 72.2 72.2 72.2	
Со = 72.2 72.2 72.2 72.2		
Со = 0.820 0.820 0.820 0.820		

Рис. 4 Условия расчета КРМ для схемы по рис.2

На рисунках ниже приведены результаты расчетных процессов изменений косинусов  $\phi$  и емкостей компенсирующих конденсаторных установок при последовательном пуске и дальнейшей работе с периодической нагрузкой асинхронных электродвигателей АВР280Л4 номинальной мощностью 160 кВт.

Включение КРМ происходило через 1.5 С после пуска первого АД. Опорные значения компенсирующих емкостей принимались одинаковыми – 72.2 мкФ. Значения косинусов  $\phi$  вычислялись как значения косинусов углов между мгновенными значениями векторов напряжений и токов электродвигателей.

Рис. 5 Изменение значений  $\cos(\phi)$  и компенсирующих емкостей  $C_{AD}$  для схемы по рис.1 (до 1.5 с – неуправляемый режим)

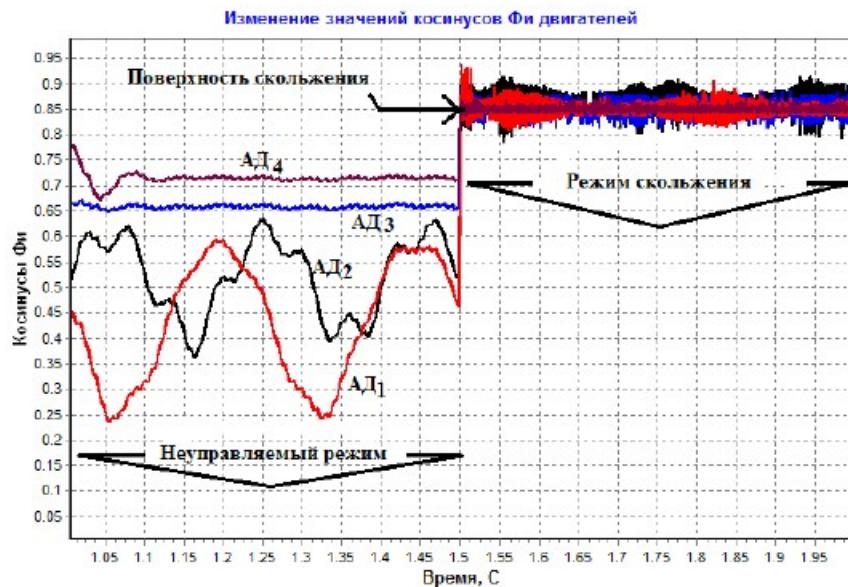


Рис. б  
Изменение  
значений  $\cos(\phi)$   
для схемы по  
рис.2 (до 1.5 с –  
неуправляемый  
режим)

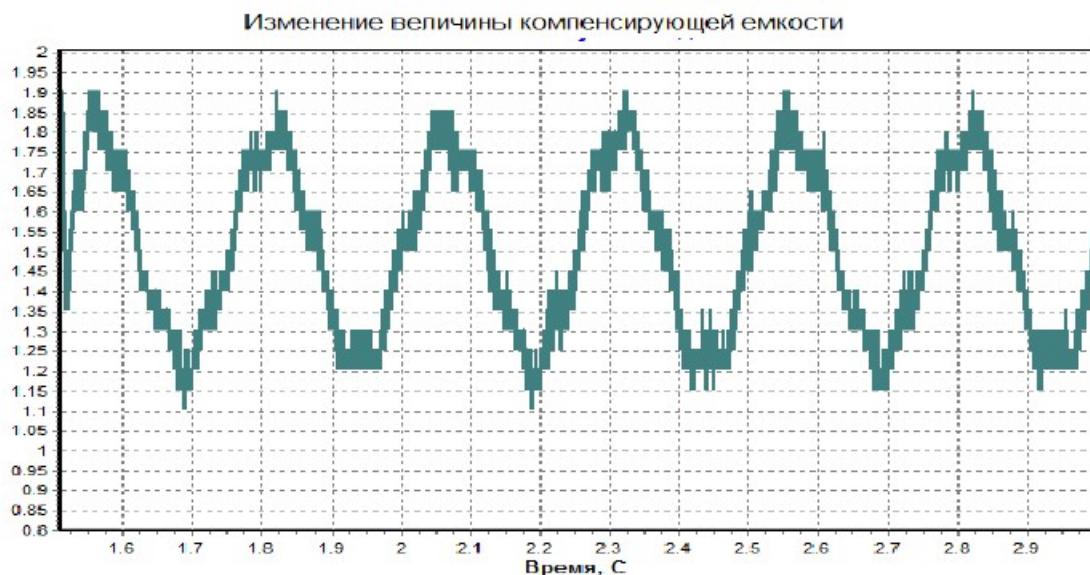


Рис. 7 Характерное дискретное изменение величины компенсирующей емкости конденсаторной установки для АД<sub>1</sub>, работающего с переменным моментом сопротивления на валу –  

$$M_c = 1000 + 400\sin(2\pi 5t) + 250\sin(2\pi 9t) + 100\sin(2\pi 18t + \pi/2)$$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ещин Е.К. Модель асинхронного электродвигателя в системе электроснабжения // Электротехника. – 2002. №1. С.40-43.
2. Ещин Е.К. Моделирование процессов компенсации реактивной мощности в системе электроснабжения с электродвигательной нагрузкой // Вестник КузГТУ, 2012. №2 С.48-52.
3. Utkin V.I., Guldner J., Shi J. Sliding mode control in electromechanical systems. Taylor & Francis, 1999. – 325 с.

□ Автор статьи:

Ещин  
Евгений Константинович,  
докт. техн. наук., проф.  
каф. прикладных информационных  
технологий КузГТУ,  
email: eke@kuzstu.ru