

ВЛИЯНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Попова Инга Эдуардовна, старший преподаватель, Кыргызский технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66

Суеркулов Семетей Манасович, аспирант, Кыргызский технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66

Турсунбеков Самат Талантбекович, студент, Кыргызский технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66

Аннотация. Индивидуальная компенсация реактивной мощности часто используется для оптимизации сетей ЭС. Она эффективно снижает потери активной мощности и напряжения. В статье приведены факторы влияния индивидуальной компенсации на параметры сетей, например, сечение провода изменяется в 1.24 раза в сторону уменьшения.

Ключевые слова: реактивная мощность, индивидуальная компенсация, потери, тангенс «фи», источник реактивной мощности.

INFLUENCE OF INDIVIDUAL COMPENSATION OF JET POWER ON PARAMETRS OF ELECTRIC NETWORK

Popova Inga Eduardovna, the senior teacher, KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, C.Aitmatov Ave, 66

Suerkulov Semetei Manasovich, assistant, KSTU named after I.Razzakov, 720044, Bishkek, C.Aitmatov Ave, 66

Tursunbekov Samat Talantbekovich, student, KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, C.Aitmatov Ave, 66

Abstract. The individual compensation of jet capacity is often used for optimization of networks of power supply. It effectively reduces losses of jet capacity ad tension. Factors of influence of networks are given in article. For example the section of a ware changes by 1.24 times towards reduction.

Keywords: jet power, individual compensation, losses, electric system, tangent «φ», source of jet power.

Приемники электрической энергии в процессе работы потребляют из сети энергосистемы, помимо активной мощности P , еще и реактивную мощность Q . Основными показателями реактивной мощности являются асинхронные двигатели (АД) (60-65%) общего потребления реактивной мощности, трансформаторы (20-25%) воздушные электрические сети, реакторы и другие установки (около 10-20%). [1.2].

Работа АД, трансформаторов и других устройств переменного тока сопровождается процессами непрерывного изменения возникающего в них магнитного потока. Этот магнитный поток создается реактивной мощностью. Генератор вырабатывает не только активную и реактивную мощность. Создание РМ не требует расхода первичной энергии. Протекая от источника до приемника электрической энергии, реактивная мощность, вызывает дополнительные потери активной мощности, напряжения и увеличение сечения проводника, мощность трансформаторов.

РМ генерирует не только генераторы электрических станций и источники РМ, но и конденсаторные батареи высокого и низкого напряжения, синхронные машины, двигатели, генераторы, статические источники высокого и низкого напряжения.

В зависимости от места установки источников реактивной мощности (ИРМ) различают централизованную, групповую и индивидуальную компенсацию. В каждом случае мощность компенсирующего устройства бывает различной. Мощности ИРМ определяется [1]:

$$Q_{\text{кy}} = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2), \text{ квар} \quad (1)$$

где P - расчетная активная мощность, кВт; $\operatorname{tg} \varphi_1$ и $\operatorname{tg} \varphi_2$ - значение $\operatorname{tg} \varphi$, соответствующее значению $\cos \varphi_1$ до компенсации, и после компенсации - $\cos \varphi_2$.

В зависимости от места установки КРМ электрические сети будут разгружены или загружены по реактивной мощности. Например, при централизованной компенсации трансформаторы будут разгружены по РМ, а сети ниже трансформатора загружены, т.е. мощность трансформатора уменьшается, а на размеры сетей и коммутационной и защитной аппаратуры (КЗА), увеличиваются. При групповой компенсации, трансформатор и часть электрической сети будут загружены, а часть сети разгружена. При индивидуальной компенсации трансформаторы и электрические сети низкого напряжения будут разгружены по РМ, т.е. уменьшается сечение проводников и параметры КЗА. Такое утверждение приводится в [1.2]. Но их степень влияния не оценена. Поэтому здесь приводится влияние индивидуальной компенсации РМ.

Индивидуальная КРМ предусматривается для сосредоточенной группы ПЭЭ, или для одного мощного ПЭЭ.

Рассмотрим следующую схему:

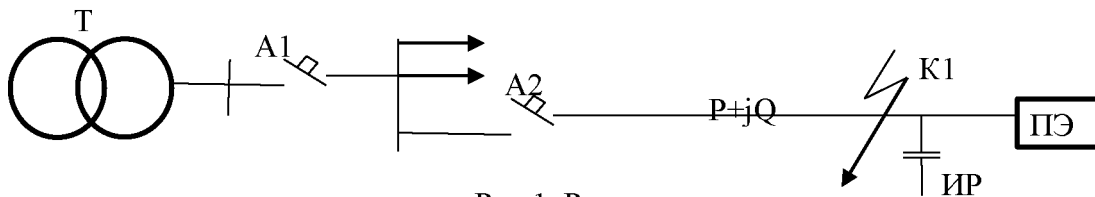


Рис. 1. Расчетная схема

Линия Л1 передает ЭЭ на ПЭЭ мощность $P+jQ$. Рассмотрим следующий случай:

1. До компенсации РМ. Расчетный ток I_p для выбора параметра автоматического выключателя A_2 и сечения проводника. Полная мощность S :

$$S_p = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ кВА} \quad (2)$$

где P , Q – активная (кВт) и реактивная (кВАр) мощности соответственно:

$$I_p = \frac{S_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \text{ А} \quad (3)$$

где U_n – номинальное напряжение 380 В.

Потери активной мощности, В, % :

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} \cdot R, \text{ кВт} \quad (4)$$

Потери напряжения:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{10U_n^2}, \% \quad (5)$$

где R – активное сопротивление линии, Ом.

После компенсации РМ с мощностью ИРМ, $Q_{\text{кy}}$, кВАр. Расчетный ток:

$$I'_p = \frac{S'_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \text{ А} \quad (6)$$

$$S'_p = \sqrt{P^2 + (Q - Q_{\text{кв}})^2}, \text{ кВА} \quad (7)$$

Потери напряжения:

$$\Delta P' = \frac{P^2 + (Q - Q_{\text{кв}})^2}{U_n^2} \cdot R', \text{ кВт} \quad (8)$$

$$\Delta U' = \frac{PR + (Q - Q_{\text{кв}})}{10U_n^2} \%$$

Относительное изменение тока, потери мощности, напряжения:

$$K_1 = \frac{I_p}{I'_p}; \quad K_2 = \frac{\Delta P}{\Delta P'}; \quad K_3 = \frac{\Delta U}{\Delta U'}; \quad (9)$$

Индивидуальная КРМ считается эффективной, если затраты на установку и эксплуатацию меньше, чем затраты полученные от уменьшения сечения, изменения потерь активной мощности и уменьшения стоимости КЗА:

$$Z_{\text{кв}} \leq \Delta Z_{\Delta P} + Z_{S'} + Z_{\Delta U}, \quad (10)$$

где $Z_{\Delta U}$ – затраты, связанные с уменьшением отрицательного влияния отклонения напряжения.

Рассмотрим пример (рис. 1). Дано: ПЭЭ потребляют $P=40$ кВт, $Q=30$ кВАр. Используя вышеприведенные формулы расчета, определим необходимые параметры. Основные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры электрической сети						
При сечении, мм ²	до компенсации			после компенсации		
	I, А	ΔP, кВт	ΔU, %	I _p	ΔP	ΔU
10	75.7	2.38	4.29	-	1.69	4.22
6	-	-	-	60.6	2.9	7.3

Длина провода 50 м. Определим расчетный ток до и после компенсации:

$$I'_p = \frac{\sqrt{40^2 + 30^2}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \cdot 10^3 = \frac{50}{380} \cdot 10^3 = 75.7 \text{ А}$$

После полной компенсации РМ:

$$Q_{\text{кв}} = Q = 30 \text{ кВАр}$$

$$I'_p = \frac{40 \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_n} = 60.6 \text{ А}$$

По длительному нагреву выбираем сечение для тока $75.7 = 10 \text{ мм}^2$. $I_p = 90 \text{ А}$, для тока $I_p = 60.6 \text{ А}$ – сечение 60 мм^2 ; для тока $I_p = 70 \text{ А}$ – сечение 60 мм^2 трехжильный кабель с алюминиевыми жилами. Удельное сопротивление:

$$S = 10 \text{ мм}^2 \quad R_o = 3.12 \text{ Ом/км}$$

$$R = 3.12 \cdot 0.05 = 0.152 \text{ Ом}$$

$$X_o = 0.07 \text{ Ом/км} \quad X = 0.0035 \text{ Ом}$$

$$S = 6 \text{ мм}^2 \quad R_o = 5.21 \text{ Ом/км}$$

$$R = 0.2635 \text{ Ом}$$

$$X_o = 0.09 \text{ Ом/км} \quad X = 0.0045 \text{ Ом}$$

Относительное изменение до и после КРМ:

$$K_1 = \frac{75.7}{60.6} = 1.24 \quad K_2 = \frac{2.38}{1.69} = 1.4 \quad K_3 = 1.01$$

Изменение сечения $\frac{10}{6} = 1.66$. Определим изменение тока трехфазного КЗ в точке 1.

До компенсации, при сечении 10 мм² ток КЗ равен:

$$I_{кз} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{152^2 + 3.5^2}} = 1.5 \text{ кА}$$

После компенсации, при сечении 6 мм² ток КЗ равен:

$$I_{кз} = \frac{410}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{263.5^2 + 4.5^2}} = 0.88 \text{ кА}$$

Изменение тока КЗ:

$$K_u = \frac{1.5}{0.88} = 1.7$$

Параметры автоматического выключателя А2. Исходя из величины тока выбираем автоматический выключатель А3710 с $I_{ном}=160$ А. Номинальный ток расцепителя 63А или 80А. Номинальный ток электромагнитного расцепителя $I_{ном}=630$ А.

Затраты на компенсирующее устройство определяем:

$$Z_{ку} = C_{уд} Q_{ку} + Z_{общ}, \text{ тыс. сом} \quad (11)$$

где $C_{уд}$ – удельные расходы КУ, сом/кВАр; $Z_{общ}$ – общие затраты на обслуживание.

Затраты, связанные с изменением потерь активной мощности:

$$Z_{\Delta p} = (\Delta P - \Delta P') C_o, \text{ тыс. сом} \quad (12)$$

где C_o – стоимость 1 кВт мощности, сом/кВт.

Затраты, связанные с уменьшением сечения проводника:

$$Z_s = (S_1 - S_2) l \cdot \gamma \cdot C_m, \text{ тыс. сом} \quad (13)$$

где γ – удельный вес, кг/м³; C_m – стоимость 1 кг металла, сом/кг; l – длина проводника.

Затраты, связанные с изменением отклонения напряжения:

$$Z_{\Delta U} = Z_{уд} \cdot \delta U^2, \text{ тыс. сом} \quad (14)$$

где δU – отклонение напряжения; $Z_{уд}$ – удельные затраты, сом/%.

Индивидуальная компенсация выгодна, если:

$$Z_{ку} < Z_{\Delta p} + Z_s + Z_{\Delta U}, \text{ тыс. сом} \quad (15)$$

Выводы

1. Индивидуальная КРМ существенно влияет на параметры сети и является эффективным средством КРМ.
2. Изменяются величины тока, сечения проводников и потери активной мощности и напряжения.
3. Индивидуальная КРМ влияет на токи 3-х фазного КЗ, что в некоторых случаях уменьшает чувствительность КЗА.
4. Стабилизируется уровень напряжения в допустимых пределах.

Список литературы

1. Федоров А.А. Электроснабжение промышленных предприятий. Изд. 2-ое, перераб. и дополн. –М.: Энергия, 1972 г. -416 с.
2. Кудрин В.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. –М.: Инермет Инжиниринг, 2004 г. -672 с.
3. Бодин А.П., Пятков Ф.Ю. Электроустановки потребителей. Справочник. –М.: ЗАО Энергосервис, 2008 г. -616 с.
4. Кобышев А.В. Низковольтные автоматические выключатели. Учебное пособие. – Томск: Томск.политехн.универ., 2011 г. -346 с.