

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ МАЛОГО СИГНАЛА С ЧАСТОТОЙ 25 ГЦ НА ФОНЕ БОЛЬШИХ ПОМЕХ

Р. А. ВАЙНШТЕЙН, В. Т. ГЕТМАНОВ

(Представлена научным семинаром кафедры электрических систем и сетей)

Задача выделения малого сигнала с частотой 25 Гц на фоне больших помех возникла в связи с тем, что для реализации защиты от замыканий на землю в обмотке статора синхронных генераторов, работающих в укрупненных блоках с непосредственным соединением генераторов на наложенном токе, необходимо измерять составляющую с частотой 25 Гц в токе нулевой последовательности на выводах генератора.

Практически для измерения тока мы располагаем только лишь возможностью включать элементы защиты в нулевой провод одной из групп трансформаторов тока, установленных на выводах генератора. Трехтрансформаторный фильтр нулевой последовательности в данном случае работает в условиях протекания по поврежденной фазе контрольного тока с частотой 25 Гц при одновременном намагничивании сердечников током с частотой 50 Гц.

Определим величину вторичного контрольного тока, на которую должна реагировать защита

$$I_{25} = \frac{2 U_{25}}{X_L} n_T k_{отс}, \quad (1)$$

где U_{25} — напряжение источника контрольного тока;

X_L — индуктивное сопротивление дугогасящей катушки на частоте 50 Гц;

$k_{отс}$ — коэффициент, учитывающий отсос контрольного тока в ветвь намагничивания трансформаторов тока;

n_T — коэффициент трансформации трансформаторов тока фильтра.

Расчетным режимом с точки зрения передачи тока с частотой 25 Гц является режим холостого хода генератора, когда не происходит намагничивания сердечников трансформаторов тока током промышленной частоты, и в ветвь намагничивания ответвляется 50—60% тока с частотой 25 Гц. Защита предназначена для установки на укрупненном блоке Саратовской ГЭС. Для него $n_T = 6000/5$, $X_L = 1000 \text{ Ом}$, $U_{25} = 220 \text{ В}$.

Величина вторичного контрольного тока, определенная по (1), составляет всего 0,2 мА, а максимально возможный ток небаланса фильтра нулевой последовательности, составленного из трех однофазных трансформаторов тока, при номинальном токе генератора составляет 0,1А [1]. Вполне обоснованно возникает задача выделения незначитель-

ной составляющей с частотой 25 Гц на фоне больших помех с частотой 50 Гц.

Выделение незначительного полезного сигнала известными способами представляет собой определенную трудность. Применение для этой цели реактивных фильтров требует иметь большую индуктивность при

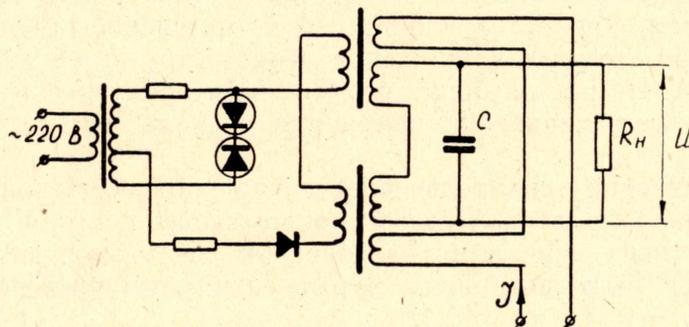


Рис. 1. Схема для экспериментального исследования параметрического усилителя.

высоком коэффициенте добротности [2], что, естественно, невозможно для такой низкой частоты без значительного увеличения геометрических размеров фильтров. Применение ферромагнитного сердечника ставит, в свою очередь, задачу создания линейности индуктивности во всем диапазоне изменения токов. Вместе с тем увеличение тока небаланса фильтра нулевой последовательности при внешних междуфазных коротких замыканиях, а также двойных замыканиях на землю, не позволяет применить подобные фильтры из-за недопустимых перенапряжений, возникающих на элементах фильтров.

Применение заградительных RC-фильтров также не дает нужных результатов, так как они не имеют области частот, в пределах которой собственное затухание равнялось бы нулю, что, безусловно, снижает полезный сигнал. К тому же, при использовании частотноизбирательных схем с большим входным сопротивлением необходим согласующий трансформатор, в котором также ослабляется полезный сигнал.

Практическое решение вопроса выделения малого сигнала с частотой 25 Гц на фоне больших помех

оказалось возможным благодаря применению специального индуктивного параметрического усилителя с периодически изменяющейся индуктивностью, обладающего селективными свойствами по частоте. Применяемый здесь параметрический усилитель исследован и описан в [3].

Ниже приведены основные экспериментальные данные параметрического усилителя, указывающие на возможность применения подобной конструкции как элемента защиты, позволяющего осуществить необходимое выделение полезного сигнала. Экспериментальные исследования проводились по схеме рис. 1.

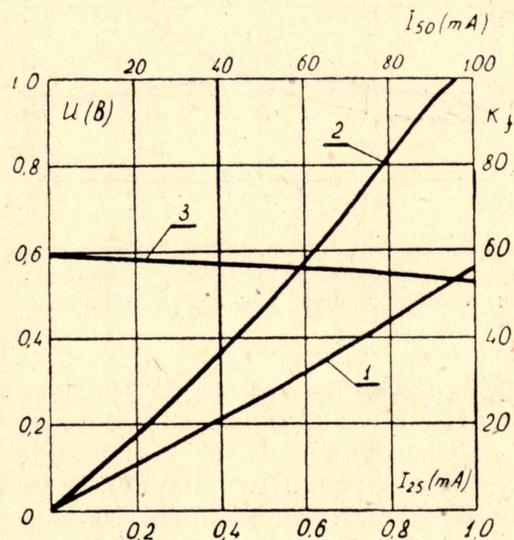


Рис. 2. Зависимости напряжения на контуре параметрического усилителя от тока в сигнальной обмотке: 1 — с частотой 25 Гц; 2 — с частотой 50 Гц; 3 — коэффициент отстройки по частоте.

Здесь прежде всего необходимо отметить линейную зависимость напряжения на контуре параметрического усилителя от тока сигнала I , протекающего по сигнальной обмотке (рис. 2), что благоприятно для осуществления защиты. На рис. 2 помещена также зависимость напряжения на контуре от тока промышленной частоты. На основании этих кривых построена зависимость коэффициента отстройки по частоте k_f от тока сигнала, представляющего собой отношение токов с частотой 25 и 50 Гц, при которых напряжения этих частот на выходе усилителя равны (рис. 2). Из рис. 2 видно, что $k_f \approx 55$ и практически остается постоянным во всем диапазоне изменения сигнала, что тоже не менее важно.

Параметрический усилитель своей сигнальной обмоткой включается в нулевой провод фильтра нулевой последовательности. У применяемого усилителя сигнальная обмотка содержит небольшое число витков и поэтому может быть выполнена термически устойчивой при двойных

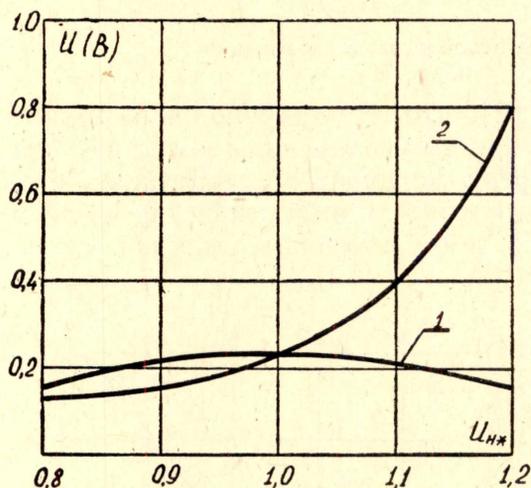


Рис. 3. Зависимости напряжения на контуре параметрического усилителя: 1 — при наличии стабилизации; 2 — без стабилизации.

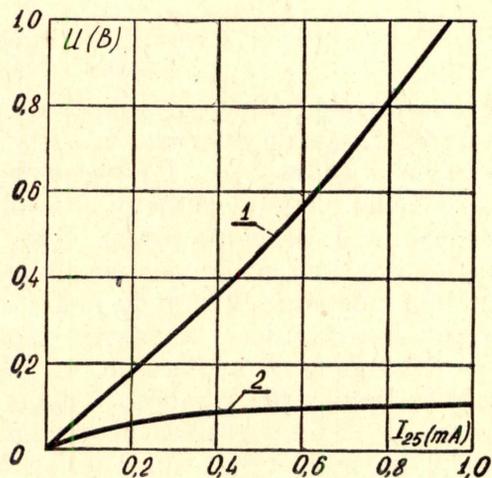


Рис. 4. Напряжение на контуре при фазах накачки, соответствующих максимальному (1) и минимальному усилению (2).

замыканиях на землю. Сопротивление усилителя на частоте 50 Гц относительно зажимов сигнальной обмотки составляет $\approx 0,2$ Ома.

Для приведенного выше примера (генераторы Саратовской ГЭС) на выходе усилителя напряжение с частотой 50 Гц превышает напряжение с частотой 25 Гц в 10 раз, в то время как отношение токов на входе усилителя равно 500. Дальнейшее выделение сигнала уже может быть осуществлено любыми техническими средствами.

Известно [3], что для нормальной работы параметрического усилителя необходимо постоянство глубины модуляции индуктивности. Следует отметить, что неизбежные эксплуатационные колебания напряжения источника тока накачки приводят к недопустимому изменению коэффициента усиления или к переходу усилителя в генераторный режим. В данном случае постоянство глубины модуляции достигается применением специальной схемы точной стабилизации напряжения накачки усилителя (рис. 1). Напряжение между точками d и b стабилизируется недостаточно. При выбранных параметрах схемы стабилизации изменение входного напряжения на 10% вызывает изменение напряжения U_{ab} на 2%. Поэтому выходное напряжение снимается с отвода C , который выбран так, что напряжение U_{ac} меньше напряжения U_{ab} на нестабилизированную часть напряжения U_{cb} . В этом случае точную ста-

билизацию можно получить тогда, когда напряжение U_{cb} составляет пятую часть напряжения U_{ab} [4]. Об эффективности стабилизации напряжения накачки можно судить по кривым зависимостей напряжения на контуре параметрического усилителя от напряжения накачки (рис. 3).

Для исключения влияния колебаний температуры на коэффициент усиления параметрического усилителя предусмотрены мероприятия, повышающие температурную стабильность устройства.

Из [3] известно, что при реализации фазочувствительных свойств параметрического усилителя требуется строгая фазировка тока накачки и сигнала. На рис. 4 помещены зависимости напряжения на контуре при фазах накачки, соответствующих максимальному и минимальному усилению. При прочих равных условиях напряжение на контуре в 6 раз больше при фазе накачки, соответствующей максимальному усилению по сравнению с напряжением при фазе накачки, соответствующей минимальному усилению. Цепь накачки параметрического усилителя питается от линейного напряжения, причем из трех линейных напряжений нужно выбрать то, при котором фазовый угол между током накачки и сигналом будет близок к оптимальному. Выбранная оптимальная фаза тока накачки должна оставаться в процессе эксплуатации строго неизменной.

Выводы

1. Помехи с частотой 50 Гц превышают сигнал на выводах генераторов укрупненного блока при выполнении защиты на наложенном токе в 500 раз.

2. Удовлетворительное решение вопроса выделения малого сигнала с частотой 25 Гц на фоне больших помех оказалось возможным благодаря применению параметрического усилителя.

3. Для достижения постоянства коэффициента усиления параметрического усилителя необходима стабилизация тока накачки.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Федосеев. Релейная защита. М., ГЭИ, 1961.
 2. Г. И. Атабеков. Основы теории цепей. «Энергия», 1969.
 3. Р. А. Вайнштейн. Применение низкочастотных параметрических систем для защиты от замыканий на землю компенсированных сетей. Диссертация, Томск, 1965.
 4. Ю. Х. Лукес. Схемы на полупроводниковых диодах. «Энергия», 1972.
-