

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ)

«ГЕРБ» СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1552111 A1

(51) 5 G 01 R 21/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4426409/24-21

(22) 18.05.88

(46) 23.03.90. Бюл. № 11

(71) Челябинский политехнический институт им. Ленинского комсомола

(72) С.П.Лохов

(53) 621.317.61(088.8)

(56) Воротницкий В.Э. и др. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем. – М.: Энергоатомиздат, 1983, с. 32.

Дрехслер Р. Измерение и оценка качества электроэнергии при несимметричной и нелинейной нагрузке. – М.: Энергоатомиздат, 1985, с. 66, рис. 32.

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.

(57) Изобретение относится к электротехнике и измерительной технике и может

2

быть использовано для измерений взаимных потерь мощности и энергии в общем вводе сети электроснабжения из-за отдельных электроприемников, в также из-за отдельных балансируемых энергетических составляющих конкретных электроприемников. Цель изобретения – расширение функциональных возможностей при измерении величины потерь электроэнергии на участке ввода – достигается путем отдельного измерения потерь энергии в цепи общего ввода из-за отдельных электроприемников в группе, а также из-за отдельных балансируемых ортогональных электрических составляющих каждого электроприемника в потерях общего ввода. Устройство, реализующее способ, приводится в описании изобретения. 2 з.п. ф-лы, 1 ил.

Изобретение относится к электротехнике и измерительной технике и может быть использовано для измерений потерь мощности и энергии в общем вводе сети электроснабжения из-за отдельных электроприемников, а также из-за отдельных балансируемых энергетических составляющих (активной, реактивной и т.д. мощностей) конкретных электроприемников.

Цель изобретения – расширение функциональных возможностей при измерении величины потерь электроэнергии на участке общего ввода за счет возможности отдельного измерения (слагаемых) потерь энергии в цепи общего ввода из-за отдельных электроприемников в группе, а также из-за отдельных балансируемых ортогональных энергетических составляющих каждого электроприемника и определения доли

участия каждого электроприемника в потерях в общем вводе.

Сущность способа заключается в том, что измеряют парные значения сигналов, пропорциональных балансируемым в сети (т.е. составляющая в цепи ввода определяется алгебраической суммой качественно одинаковых с ней составляющих всех электроприемников) качественно одинаковым в каждой паре энергетическим составляющим (например,  $Q$  и  $Q_1$ ), которые все в целом образуют ортогональную систему качественно различных энергетических составляющих (например,  $P$  и  $Q$ ), преимущественно мощностей, перемножают между собой значения постоянного коэффициента ( $K$ ) и парных сигналов и интегрируют полученные результаты. В качестве одного

сигнала конкретной пары используют сигнал энергетической составляющей (например,  $Q_1$ ) одного конкретного электроприемника (например, 1-го), а в качестве второго для указанной пары и всех парных произведений качественно одинаковых между этими парами энергетических составляющих (например,  $Q$ ) используют сигнал энергетической составляющей в общем вводе (например,  $Q_\Sigma$ ). Полученный в результате этого парного умножения результат определяют как величину мощности (например,  $\Delta P_{1Q} = K \cdot Q_1 \cdot Q_\Sigma$ ), а его интегрирования – как величину энергии (например,  $\Delta W_{1Q}$ ) потерь на участке общего ввода из-за выбранной в парном произведении энергетической составляющей конкретного электроприемника (например,  $Q_1$ ). Суммируют найденную величину потерь электроэнергии ( $\Delta W_{1Q}$ ) с аналогично полученными величинами потерь электроэнергии на участке ввода из-за всех остальных качественно разных энергетических составляющих этого конкретного электроприемника (например,  $\Delta W_{1P}$ ) и определяют полученную сумму (например,  $\Delta W_1 = \Delta W_{1Q} + \Delta W_{1P}$ ) как величину потерь электроэнергии на вводе из-за подключения этого конкретного электроприемника (например, 1-го) к сети электроснабжения, аналогично полученные значения потерь электроэнергии из-за каждого электроприемника во всей группе (например,  $\Delta W_2, \Delta W_3, \dots, \Delta W_N$ ) суммируют между собой, а полученную сумму определяют как величину общих потерь электроэнергии на участке общего ввода ( $\Delta W_\Sigma = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \dots + \Delta W_N$ ). Доля участия каждого конкретного электроприемника (например, 1-го) в общих потерях во вводе определяют через отношение найденной величины потерь энергии из-за подключения этого конкретного электроприемника к величине общих потерь электроэнергии на участке общего ввода (например,  $b_1 = \Delta W_1 / \Delta W_\Sigma$ ). В случае реализации способа с измерением энергетических составляющих в виде мощностей дополнительно измеряют сигнал, пропорциональный квадрату напряжения сети  $U^2$  на участке ввода и перед получением парных произведений энергетических составляющих сигналы энергетических составляющих с

общего ввода предварительно делят на этот дополнительно измеренный сигнал (получая, например,  $Q_\Sigma / U_2$  и  $P_\Sigma / U_2$ ). В качестве взаимно ортогональных сигналов балансируемых энергетических составляющих используют сигналы пропорциональные активным  $P$  и реактивным  $Q$  мощностям. В радиальных сетях электроснабжения без фазопоротных трансформаторов измеряют только сигналы, пропорциональные мгновенным токам ввода ( $i_\Sigma$ ) и электроприемников ( $i_1, i_2, \dots, i_N$ ) без разложения на ортогональные составляющие (так, что мощность потерь в общем вводе, например, из-за 1-го электроприемника ( $\Delta P_1 = K \cdot i_1 \cdot i_\Sigma$ )).

На чертеже приведена функциональная схема устройства для осуществления способа измерения величины потерь электроэнергии в сети.

Устройство имеет систему электроснабжения с одним источником 1 энергии в цепи 2 общего ввода системы электроснабжения с группой из  $N$  электроприемников 3 ( $\text{ЭП}_1, \text{ЭП}_2, \dots, \text{ЭП}_N$ ) в цепях отходящих линий, в цепях общего ввода и отходящих линиях включены датчики 4 ( $P_\Sigma$ ) и 5 ( $P_i$ ) и датчики 6 ( $Q_\Sigma$ ) и 7 ( $Q_i$ ) реактивной мощности, в цепь общего ввода включен согласующий фазопоротный трансформатор 8, выходы датчиков 4 и 6 активной и реактивной подключены к первым входам блоков 9 и 10, к вторым вторым входам которых подключен выход датчика 11 квадрата действующего значения напряжения сети на участке ввода, а выходы подключены к первым входам множительных блоков 12 и 13 всех каналов, к вторым входам которых подключены выходы соответствующих датчиков 5 и 7 активной и реактивной мощности, выходы которых подключены к входам соответствующих интеграторов 14 и 15, выходы которых являются выходами устройства и подключены к входам сумматоров 16 и входам сумматоров 17 и 18 соответственно, выходы которых являются выходами устройства и подключены к входам сумматора 19, выход которого является выходом устройства и подключен к первым входам делителей 20, к вторым входам которых подключены выходы сумматоров (16).

Выходные сигналы устройства пропорциональны следующим величинам:

$\Delta P_{jP}$  и  $\Delta P_{jQ}$  – потерям мощности во вводе из-за активной и реактивной мощностей  $j$ -го электроприемника;

$\Delta W_{jP}$  и  $\Delta QW_{jQ}$  – потерям энергии во вводе из-за активной и реактивной мощностей  $j$ -го электроприемника;

$\Delta W_j$  и  $b_j$  – потерям энергии и доле этих потерь в общих потерях во вводе из-за  $j$ -го электроприемника;

$\Delta W_\Sigma$ ,  $\Delta W_{\Sigma P}$  и  $\Delta W_{\Sigma Q}$  – общим потерям энергии во вводе из-за всех электроприемников, из-за их активной  $P_\Sigma$  и реактивной  $Q_\Sigma$  мощностей всех электроприемников.

При пренебрежении эффектом вытеснения потери мгновенной мощности  $\Delta P_\Sigma$  в проводнике с сопротивлением  $R$  в цепи 2 общего ввода определяются квадратом мгновенного тока  $i_\Sigma$  в цепи ввода

$$\Delta P_\Sigma = i_\Sigma^2 \cdot R. \quad (1)$$

После интегрирования этой первичной формулы (1), умножений на различные функционалы от напряжения сети получаются всевозможные вторичные формулы, определяющие потери через действующее значение тока во вводе  $I_\Sigma$ ,  $S_\Sigma$ , ее балансируемые ортогональные энергетические составляющие  $X_\Sigma$ ,  $Y_\Sigma$ ,  $Z_\Sigma$  – общем случае или  $P_\Sigma$ ,  $Q_\Sigma$  – в частном случае (1). Свойство балансируемости в общем вводе выражается формулами: каждая – для составляющих одного качества

$$\begin{aligned} X_\Sigma &= X_1 + X_2 + \dots + X_j + \dots; \\ Y_\Sigma &= Y_1 + Y_2 + \dots + Y_j + \dots; \\ P_\Sigma &= P_1 + P_2 + \dots + P_j + \dots; \\ Q_\Sigma &= Q_1 + Q_2 + \dots + Q_j + \dots, \end{aligned} \quad (2)$$

а ортогональности

$$\begin{aligned} S_\Sigma^2 &= X_\Sigma^2 + Y_\Sigma^2 + \dots \\ S_\Sigma^2 &= P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $X_j$ ,  $Y_j$  или  $P_j$ ,  $Q_j$  – балансируемые энергетические составляющие разного качества одного  $j$ -го электроприемника. Под обобщенными энергетическими показателями  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  ... могут пониматься мощности несимметрии, искажений и другие, определяющие полную мощность  $S$  по формулам (2) и (3).

Энергию потерь  $\Delta W_{jX}$  в общем вводе из-за балансируемой энергетической составляющей  $X_j$   $j$ -го электроприемника из

группы определяется интегрированием потерь  $\Delta P_{jX}$ , которую определяют по формуле

$$\Delta P_{jX} = K \cdot X_j \cdot X_\Sigma; \quad (4)$$

$$\Delta W_{jX} = \int_0^t \Delta P_{jX} dt, \quad (5)$$

где  $K$  – постоянный коэффициент, зависящий от активного сопротивления ввода  $R$ ;  $X_\Sigma$  – соответствующая качественно одинаковая электрическая составляющая в цепи общего ввода. В конкретных случаях, когда  $X$  – это, например, активная мощность  $P$ , то с уточняющей поправкой на квадрат действующего напряжения сети  $U^2$  на участке ввода, формула (4) преобразуется к виду

$$\Delta P_{jP} = R \frac{P_j \cdot P_\Sigma}{U^2}, \quad (6)$$

а когда  $X$  – это мгновенный ток  $i$ , то

$$\Delta P_{ji} = R \cdot i_j \cdot i_\Sigma. \quad (7)$$

Суммирование значений потерь мощности или энергии из-за качественно одной составляющей (4) или (5) по всем электроприемникам группы

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N \Delta P_{jX} &= K \cdot (X_1 + \dots + X_j + \dots + \dots \\ &+ X_N) \cdot X_\Sigma = K \cdot X_\Sigma^2 = \Delta P_{\Sigma X}; \end{aligned} \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^N \Delta W_{jX} = \Delta W_{\Sigma X} \quad (9)$$

дает значение мощности или энергии потерь во вводе из-за одной составляющей  $X_\Sigma$ , суммирование значений потерь мощности или энергии (8) или (9) по всем взаимно ортогональным составляющим определяет значение общих потерь мощности или энергии во вводе

$$\begin{aligned} \sum_{A=X,Y,\dots} \Delta P_{\Sigma A} &= K \cdot (X_\Sigma^2 + Y_\Sigma^2 + \dots) = \\ &= K \cdot S_\Sigma^2 = \Delta P_\Sigma; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\sum_{A=X,Y,\dots} \Delta W_\Sigma = \Delta W_\Sigma \quad (11)$$

что согласуется с формулами (2) и (3). Суммирование значений потерь мощности или энергии (4) или (5) для одного электроприемника по всем ортогональным составляющим определяет его участие в общих потерях во вводе

$$\sum_{A=X,Y,\dots} \Delta P_{jA} = \Delta P_j; \quad (12)$$

$$\sum_{A=X,Y,\dots} \Delta W_{jA} = \Delta W_j, \quad (13)$$

а деление полученных значений на общие потери определяет значение долевого участия электроприемника в общих потерях энергии

$$b_j = \frac{\Delta W_j}{\Delta W_\Sigma} \quad (14)$$

Как видно из формулы (4) величина участия конкретной энергетической составляющей конкретного электроприемника в потерях в цепи общего ввода пропорциональна величине самой составляющей  $X_j$  и сумме подобных величин по всей группе  $X_\Sigma$ . При разных знаках  $X_j$  и  $X_\Sigma$  величина участия становится отрицательной (электроприемник становится компенсатором).

В устройстве измеряются балансируемые ортогональные энергетические составляющие: активная  $P$  и реактивная  $Q$  мощности.

На выходах делителей 9 и 10 формируются сигналы  $P_\Sigma/U^2$  и  $Q_\Sigma/U^2$ . Эти сигналы поступают на первые входы множительных блоков 12 и 13 всех измерительных каналов электроприемников. На вторые входы поступают сигналы с датчиков 5 и 7 активной и реактивной мощностей в цепях соответствующих электроприемников. На выходах множительных блоков 12 и 13 формируются выходные сигналы  $\Delta P_{jP}$  и  $\Delta P_{jQ}$ . Например, для первого канала и первого электроприемника (ЭП<sub>1</sub>) формируются выходные сигналы

$$\Delta P_{1P} = K \cdot \frac{P_1 \cdot P_\Sigma}{U^2}; \quad \Delta P_{1Q} = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_\Sigma}{U^2} \quad (15)$$

с точностью до коэффициента (4), определяющие потери мощности в цепи общего ввода из-за активной  $P_1$  и реактивной  $Q_1$  мощностей первого электроприемника. После интегрирования полученных сигналов интеграторами 14 и 15 на их выходах, например, для первого канала формируются сигналы по-терь энергии  $\Delta W_{1P}$  и  $\Delta W_{1Q}$  на участке ввода из-за активной и реактивной мощностей первого электроприемника. На выходе сумматора 16 получается сумма указанных потерь

$$\Delta W_1 = \Delta W_{1P} + \Delta W_{1Q}, \quad (16)$$

т.е. величина потерь энергии в общем вводе из-за первого электроприемника. На входы сумматоров 17 и 18 поступают сигналы  $\Delta W_{jP}$  и  $\Delta W_{jQ}$  со всех каналов и формируются выходные сигналы потерь энергии

$$\Delta W_{\Sigma P} = \Delta W_{1P} + \Delta W_{2P} + \dots;$$

$$\Delta W_{\Sigma Q} = \Delta W_{1Q} + \Delta W_{2Q} + \dots \quad (17)$$

в общем вводе из-за активных и реактивных составляющих всех электроприемников группы. Эти сигналы суммируются сумматором 9, на выходе которого формируется сигнал

$$\Delta W_\Sigma = \Delta W_{\Sigma P} + \Delta W_{\Sigma Q} \quad (18)$$

Потерь электроэнергии в цепи ввода из-за всех электроприемников. Последние сигналы могут быть получены также известным способом через интегрирование квадратов активных и реактивных мощностей  $P_\Sigma$  и  $Q_\Sigma$ , измеренных прямо в цепи ввода, например, с выходов датчиков 4 и 6, последующего умножения результатов на постоянный коэффициент, определяемый сопротивлением цепи ввода  $R_{эк}$ . Долевое участие электроприемников в общих потерях определяется по каналам сигналами на выходах элементов 20 деления найденных сигналов, например,

$$b_j = \frac{\Delta W_j}{\Delta W_\Sigma}; \quad b_2 = \frac{\Delta W_2}{\Delta W_\Sigma} \dots \quad (19)$$

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

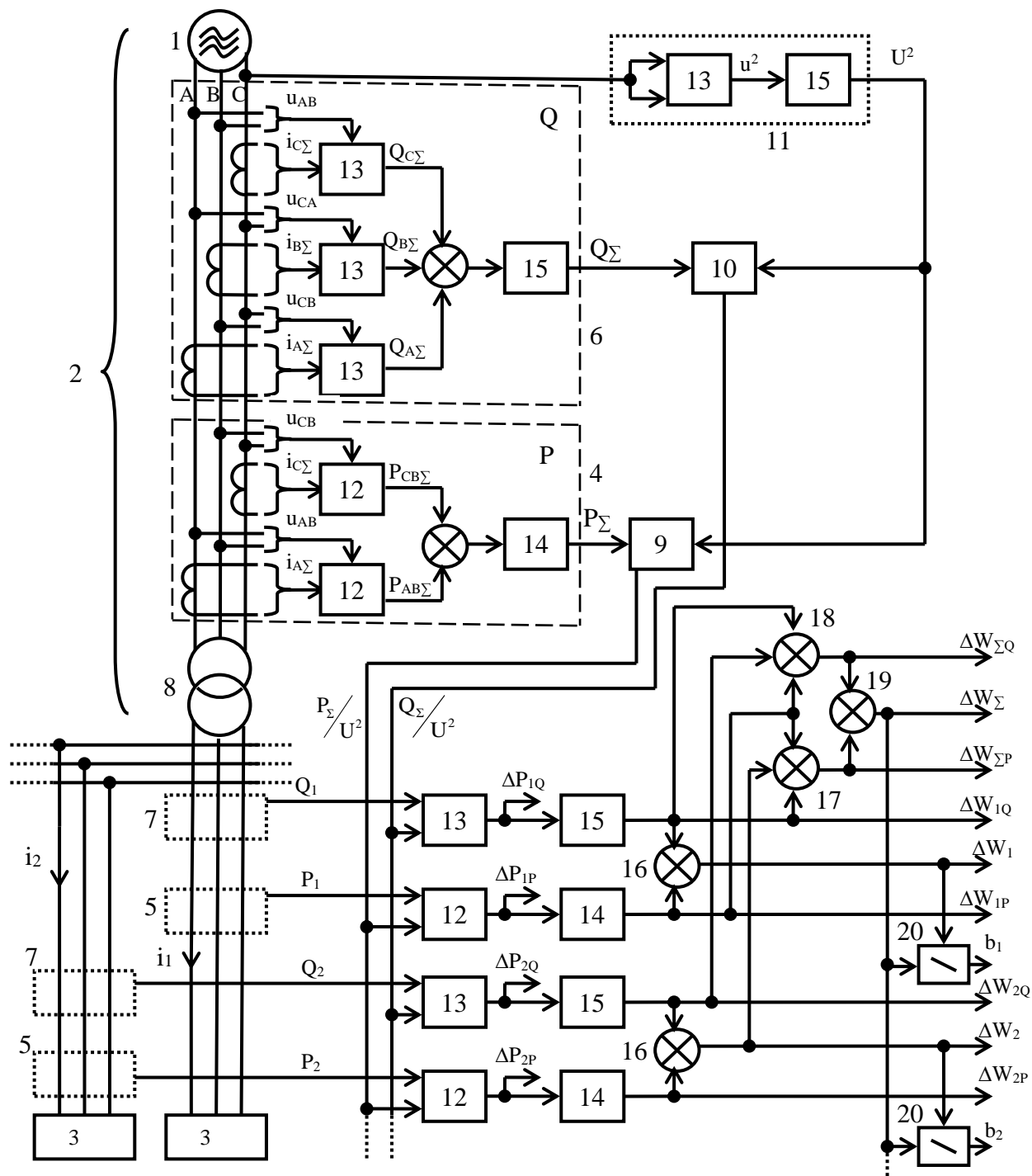
1. Способ определения величины потерь электроэнергии в сети электроснабжения, заключающийся в том, что измеряют значения двух сигналов, пропорциональных энергетическим составляющим, например активным и реактивным мощностям, причем в качестве одного сигнала измеряют значение энергетической составляющей в общем вводе, перемножают между собой значения постоянного коэффициента и двух сигналов и интегрируют полученные результаты, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей за счет раздельного определения потерь энергии в цепи общего ввода из-за отдельных электроприемников в группе и определения доли участия каждого электроприемника в потерях в общем вводе в качестве второго сигнала, измеряют значение энергетической составляющей одного конкретного электроприемника, величину мощности определяют в результате перемножения, а величину потерь электроэнергии на участке общего ввода из-за энергетической составляющей выбранного конкретного электроприемника – в результате интегрирования, определяют величину потерь электроэнергии во вводе из-за этого конкретного электроприемника в сети электроснабжения в результате суммирования величины потерь электроэнергии из-за одной энергетической составляющей

щей с аналогично полученными величинами потерь электроэнергии на участке ввода из-за остальных качественно различных составляющих этого конкретного электроприемника, определяют величину общих потерь электроэнергии на участке общего ввода в результате суммирования аналогично полученных значений потерь электроэнергии из-за каждого электроприемника во всей группе, определяют долю участия каждого конкретного электроприемника в общих потерях во вводе, как отношение величины потерь электроэнергии из-за подключения этого конкретного электроприемника к величине общих по-

терь электроэнергии на участке общего ввода.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что при реализации способа с измерением энергетических составляющих в виде мощностей, дополнительно измеряют сигнал, пропорциональный квадрату действующего напряжения сети на участке ввода, и делят на него значения сигналов энергетических составляющих с общего ввода.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что в радиальных сетях электроснабжения без фазопоротных трансформаторов измеряют только сигналы, пропорциональные мгновенным токам ввода и электроприемников без разложения на ортогональные составляющие.



Техред. Л.Сердюкова

Корректор М.Муска

Заказ 327

Тираж 542

Подписанное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д.4/5

Производственно-издательский комбинат «Патент», г.Ужгород, ул. Гагарина, 101